



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΩΝ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΠΛΗΡΟΦΟΡΙΑΚΑ ΚΑΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

ΜΕΛΕΤΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΘΕΣΗΣ
ΠΛΟΙΩΝ ΚΑΙ ΚΑΘΟΡΙΣΜΟΥ ΠΟΡΕΙΑΣ ΓΙΑ ΑΣΦΑΛΗ
ΠΛΟΗΓΗΣΗ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

της

ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΥ ΑΝΝΑΣ

Επιβλέπων : Σκούτας Δημήτριος (Επίκουρος Καθηγητής)

Μέλη εξεταστικής επιτροπής: Βλάχου Ακριβή (Αναπληρώτρια Καθηγήτρια) και Κωστούλας Θεόδωρος (Αναπληρωτής Καθηγητής)

Σάμος, Ιούνιος 2024

Πρόλογος και ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στον καθηγητή μου κύριο Δρ. Σκούτα Δημήτριο του τμήματος «Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων» του Πανεπιστημίου Αιγαίου, για τη δυνατότητα που μου έδωσε να πραγματοποιήσω τη Διπλωματική μου εργασία, καθώς και για τον πολύτιμο χρόνο που διέθεσε για την περάτωση της. Οι σημαντικές του υποδείξεις και συμβουλές, με κατεύθυναν σε έναν σωστό τρόπο σκέψης πάνω απ' όλα και μου προσέφεραν σημαντικά εφόδια για την μετέπειτα ζωή μου.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω ακόμη, όλους τους καθηγητές του τμήματος Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων του Πανεπιστημίου Αιγαίου για τις πολύτιμες γνώσεις που μου προσέφεραν σε αυτά τα χρόνια σπουδών μου στο τμήμα. Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω ένα τεράστιο ευχαριστώ στην οικογένεια μου και τους φίλους μου, για την τεράστια στήριξη και εμπιστοσύνη που μου έδειξαν όλο αυτό το διάστημα.

© 01/06/2024 της

ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΥ ANNA

Τμήμα Μηχανικών Πληροφοριακών και Επικοινωνιακών Συστημάτων

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΙΓΑΙΟΥ

Είμαι συγγραφέας αυτής της διπλωματικής εργασίας και δηλώνω ότι κάθε βοήθεια την οποία είχα για την προετοιμασία της είναι πλήρως αναγνωρισμένη και αναφέρεται στην εργασία. Επίσης, έχω αναφέρει τις πηγές από τις οποίες έκανα χρήση δεδομένων, ιδεών ή λέξεων, είτε αυτές αναφέρονται ακριβώς είτε παραφρασμένες. Επίσης βεβαιώνω ότι αυτή η εργασία προετοιμάστηκε από εμένα προσωπικά ειδικά για τη συγκεκριμένη μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία.

ΠΑΠΑΓΙΑΝΝΟΠΟΥΛΟΥ ANNA

Πίνακας περιεχομένων

1	Εισαγωγή	1
1.1	Ο χώρος της Ναυτιλίας	1
1.2	Ναυτιλία και Μετεωρολογία.....	2
1.3	Ναυτιλία και Τεχνολογία	3
1.4	Δομή διπλωματικής εργασίας	4
2	Βασικά Συστήματα Παρακολούθησης Διαδρομών και Ανίχνευσης Πλοίων.....	5
2.1	Ιστορική Αναδρομή	5
2.2	Η χρήση της Πυξίδα.....	6
2.3	Ναυτικοί Χάρτες	7
2.4	Ηλεκτρονικά βοηθήματα πλοήγησης.....	8
2.4.1	<i>RADAR.....</i>	<i>8</i>
2.4.2	<i>Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης (GPS).....</i>	<i>9</i>
2.4.3	<i>Σύστημα Automatic Identification System (AIS)</i>	<i>11</i>
2.4.4	<i>Σύστημα Emergency Position Indicating Radio Beacons (EPIRB)</i>	<i>13</i>
2.4.5	<i>Ηλεκτρονικοί χάρτες πλοήγησης: Διεθνή πρότυπα & Προβολές χάρτη.....</i>	<i>13</i>
2.5	Σύστημα GNSS & Απαιτήσεις του IMO	14
2.6	Διεθνείς κανονισμοί για αποφυγή συγκρούσεων στη θάλασσα.....	16
2.7	Παγκόσμια συστήματα εντοπισμού θέσης – Ενεργειακή πλοήγηση	18
2.8	Ωκεανογραφικά Radar επιφανειακών κυμάτων HF για θαλάσσια επιτήρηση.....	20
2.9	Συγχώνευση Δεδομένων AIS και ραντάρ	21
3	Χρήση Συστημάτων ECDIS και ENC	23
3.1	Σύστημα ECDIS.....	23
3.1.1	<i>Λειτουργίες εμφάνισης ηλεκτρονικού γραφήματος.....</i>	<i>24</i>
3.1.2	<i>Κανόνες και εφαρμογή εργαλείου</i>	<i>25</i>
3.1.3	<i>Λόγοι χρήσης συστήματος ECDIS</i>	<i>25</i>
3.1.4	<i>Λειτουργικές δυνατότητες ECDIS</i>	<i>25</i>
3.1.5	<i>Σχεδιασμός ανοιχτής αρχιτεκτονικής συστήματος ECDIS.....</i>	<i>26</i>
3.1.6	<i>Ναυτικά ηλεκτρονικά όργανα και συστήματα χάρτη ECDIS.....</i>	<i>26</i>
3.1.7	<i>Συμβολή στην αξιοπιστία ECDIS μέσω του μοντέλου “Markov”</i>	<i>27</i>
3.1.8	<i>Ρυθμίσεις ασφαλείας και διαχείριση έκτακτων καταστάσεων.....</i>	<i>29</i>
3.1.9	<i>Υπερβολική εξάρτηση στην τεχνολογία ECDIS και κίνδυνοι</i>	<i>30</i>
3.1.10	<i>Σχεδιασμός και παρακολούθηση πορείας των πλοίων μέσω του ECDIS.....</i>	<i>31</i>

3.2	Σύστημα ENC	32
3.2.1	Διαχείριση δεδομένων ENC πολλαπλής κλίμακας σε θαλάσσια περιοχή	32
3.2.2	Προστασία και κίνδυνοι δεδομένων ENC για ασφαλή πλοήγηση	33
3.3	Ασφαλής θαλάσσια πλοήγηση COLREGS με χρήση εμποδίων ταχύτητας	34
4	Δεδομένα AIS και Βελτιστοποίηση Συστημάτων	36
4.1	Μέθοδος ανίχνευσης πιθανών συγκρούσεων από δεδομένα AIS	36
4.2	Ανάλυση συμβάντων σύγκρουσης σκαφών με βάση τα δεδομένα AIS	38
4.3	Ευπάθεια δεδομένων AIS που υποδεικνύεται από σχετική μελέτη πλαστογράφησης	40
4.4	Μελέτη συστήματος πλοήγησης για μικρά σκάφη με τη χρήση του AIS.....	42
4.5	Μοτίβο σκάφους από δεδομένα AIS: “Ανίχνευση ανωμαλιών και πρόβλεψη διαδρομής”	44
4.6	Χρήση πρωτοκόλλου για είσοδο στο λιμάνι προορισμού σε συσκευή AIS	45
5	Προτεινόμενες Τεχνολογικές Αναβαθμίσεις από την Ερευνητική Κοινότητα	47
5.1	Τεχνολογίες ραντάρ στη Θαλάσσια Επιστήμη	47
5.1.1	Ανάπτυξη προσομοιωτή ραντάρ με τη χρήση δεδομένων AIS	48
5.1.2	Σύγκριση της απόδοσης δικτύων GRNN και αριθμητικών φίλτρων στην παρακολούθηση στόχων σε θαλάσσια ραντάρ	49
5.1.3	Επεξεργασία Δεδομένων Θαλασσιών ραντάρ με Φίλτρο Kalman Πολλαπλών Αισθητήρων.....	50
5.1.4	Νέα προσέγγιση στην παρακολούθηση πλοίου με ραντάρ υψηλής συχνότητας.....	52
5.1.5	Ρύθμιση νευρωνικού δικτύου πολλαπλών μοντέλων για παρακολούθηση στόχων Radar.....	52
5.1.6	Πολλαπλά ωκεανογραφικά Radar επιφανειακών κυμάτων HF που εφαρμόζονται στη θαλάσσια επιστήμη	54
5.2	Τεχνολογία Πλοήγησης: Καινοτόμες Προσεγγίσεις και Ασφάλεια Λιμένων	55
5.2.1	Ανάπτυξη συστήματος πληροφοριών του ναυτικού Ραντάρ και του AIS με βάση το ECDIS.....	56
5.2.2	Αξιολόγηση ανθρώπινων παραγόντων στο ECDIS.....	57
5.2.3	Βελτίωση της ασφάλειας στη ναυσιπλοΐα μέσω της τυποποίησης του S-Mode στα συστήματα ECDIS	58
5.2.4	Τροποποίηση ECDIS με GIS για την ασφάλεια των λιμένων.....	60
5.3	Ασφάλεια και Αξιολόγηση Κινδύνου: Νέες Προσεγγίσεις για την Πλοήγηση στη Θάλασσα.....	61
5.3.1	Ηλεκτρονικά διαγράμματα – Χρήση μεθοδολογίας αξιολόγησης κινδύνου όταν λειτουργεί το ECDIS	61
5.3.2	Σύστημα πλοήγησης πλοίων που βασίζεται στο Lidar και την παρακολούθηση στόχων για βελτιωμένη ασφάλεια.....	62
5.4	Ενοποίηση Δεδομένων και Υποστήριξη Λήψης Αποφάσεων στη Θαλάσσια Ναυτιλία	64
5.4.1	Λήψη αποφάσεων βασισμένη σε τεχνητό σμήνος ψαριών για την αποφυγή σύγκρουσης πλοίων από δεδομένα AIS	64
5.4.2	Υποδομές θαλάσσιων χωρικών δεδομένων στην Ελλάδα	65
5.5	Προοπτικές και Μελλοντικές Προκλήσεις στη Ναυτιλία.....	67

5.5.1	Ηλεκτρονικός χάρτης του μέλλοντος: «Έργο επίδειξης Hampton Roads».....	68
5.5.2	Ανάγκη για ανάπτυξη νέων υπολογιστικών αλγορίθμων για ηλεκτρονικές συσκευές και συστήματα θαλάσσιας πλοήγησης.....	69
5.5.3	Επιδράσεις της μεθόδου πλοήγησης στο φόρτο εργασίας και την απόδοση σε προσομοίωση πλοήγησης πλοίων υψηλής ταχύτητας	70
5.5.4	Σύστημα διαχείρισης και πληροφοριών κυκλοφορίας πλοίων (VTMIS) – ολοκληρωμένος προσομοιωτής για την αξιολόγηση της ασφαλούς πλοήγησης.....	71
5.6	Γενικά συμπεράσματα έρευνας και θέματα μελλοντικής έρευνας και μελέτης.....	74
Βιβλιογραφία.....		76
Παράρτημα Ι [Επιστημονικές Έννοιες & Ορισμοί]		84

Λίστα Σχημάτων

- Σχήμα 1 «Ολοκληρωμένο σύστημα πλοήγησης – περιγραφή λειτουργίας» – Σελίδα 15
- Σχήμα 2 «Χαρακτηριστικά σήματος GLONASS» – Σελίδα 19
- Σχήμα 3 «Διάγραμμα σχεδιασμού και παρακολούθησης διαδρομής» - Σελίδα 31
- Σχήμα 4 «Πλαίσιο για την έρευνα σχετικά με τις πιθανές συγκρούσεις των πλοίων» - Σελίδα 38
- Σχήμα 5 «Διερεύνηση ατυχημάτων ναυσιπλοΐας στις ΗΠΑ 2000–2015» - Σελίδα 38
- Σχήμα 6 «Θαλάσσια ατυχήματα σε διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες» - Σελίδα 39
- Σχήμα 7 «Παραπλάνηση ραδιοσυχνοτήτων στους σταθερούς σταθμούς AIS» - Σελίδα 41
- Σχήμα 8 «Ροή δεδομένων AIS σε πραγματικό χρόνο» - Σελίδα 45
- Σχήμα 9 «Εκτίμηση πορείας του στόχου κατά την ευθύγραμμη κίνηση, πριν από την εκτέλεση του ελιγμού» - Σελίδα 50
- Σχήμα 10 «Αποτελέσματα πειράματος – εκτιμώμενη πορεία για πλοίο που μεταβάλλεται η πορεία του με χρήση διαφορετικών φίλτρων – Σελίδα 54
- Σχήμα 11 «Εγκατάσταση των Radar HFSW στο German Bight και οι περιοχές κάλυψής τους» - Σελίδα 55
- Σχήμα 12 «Ολοκληρωμένο σύστημα πληροφοριών με βάση το ECDIS» - Σελίδα 56
- Σχήμα 13 «Αποτελεσματικότητα και Αλληλεπίδραση S-Mode & ECDIS» - Σελίδα 59
- Σχήμα 14 «Προσβασιμότητα S-Mode & ECDIS» - Σελίδα 60
- Σχήμα 15 «Θαλάσσιο Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών» - Σελίδα 66
- Σχήμα 16 «Ολοκληρωμένο σύστημα προσομοίωσης» - Σελίδα 72
- Πίνακας 1 « Κοινές έννοιες μεταξύ των Ερευνητικών Συμπερασμάτων και των τεχνολογικών παραμέτρων» - Σελίδα 75

Λίστα Εικόνων

Εικόνα 1 “Μαρίνα Πάτρας – Καταιγίδα” / Στράτος Αυγερινός 2016 - Σελίδα 3

Εικόνα 2 “Compass” / Lifo – Σελίδα 6

Εικόνα 3 Ναυτικός χάρτης "Μαραθόκαμπου" / Πολεμικό Ναυτικό Υδρογραφική Υπηρεσία - Σελίδα 7

Εικόνες 4 & 5 Σύστημα Εντοπισμού Radar / Wikipedia – Σελίδα 8

Εικόνα 6 Το ταξίδι του παλμού ενός Ραντάρ / Radar & Electronic Navigation Aids – Σελίδα 9

Εικόνα 7 Σύστημα GPS https://pubs.usgs.gov/ds/722/html/images/sands_aquisition_catLG.jpg - Σελίδα 10

Εικόνα 8 AIS Marine Traffic / <https://flightradars24.co.uk/wp-content/uploads/2018/09/ais-marine-traffic.jpg> - Σελίδα 12

Εικόνα 9 NOAA Paper Nautical Chart Sales 2000-2020 – NOAA – Σελίδα 14

Εικόνα 10. Ασυμφωνίες μεταξύ Ραντάρ και εικόνων AIS - Σελίδα 22

Εικόνα 11 ECDIS - Το σημείο κλειδί της σωστής πλοήγησης ενός πλοίου – Σελίδα 24

Εικόνα 12 Contribution to ECDIS Reliability using Markov Model – Σελίδα 28

Εικόνα 13 « α) Κροατική μέθοδος εφαρμογής SCAMIN (αριστερά) β) Καναδική μέθοδος (δεξιά)» - Σελίδα 33

Εικόνα 14 «COLREG Rules» - Σελίδα 35

Εικόνα 15 « Πίνακας οργάνων στην καμπίνα κάτω από το κατάστρωμα» - Σελίδα 43

Εικόνα 16 «Σύνδεσμος για το IEC61162-2 για επικοινωνία δεδομένων AIS» - Σελίδα 43

Ακρωνύμια

AIS	AUTOMATIC IDENTIFICATION SYSTEM
ARPA	AUTOMATIC RADAR PLOTTING AID
CDMA	CODE-DIVISION MULTIPLE ACCESS
DGPS	DIFFERENTIAL GLOBAL POSITIONING SYSTEM
ECDIS	ELECTRONIC CHART DISPLAY AND INFORMATION SYSTEM
ENC	ELECTRONIC NAVIGATIONAL CHART
EPIRB	EMERGENCY POSITION INDICATING RADIO BEACONS
ETD	ESTIMATED TIME DEPARTURE
FDMA	FREQUENCY-DIVISION MULTIPLE ACCESS
GNSS	GLOBAL NAVIGATIONAL SATELLITE SYSTEM
GPS	GLOBAL POSITIONING SYSTEM
GT	GIGA TONES
GIS	GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS
HNHS	HELLENIC NAVY HYDROGRAPHIC SERVICE
HNMS	HELLENIC NATIONAL METEOROLOGICAL SERVICE
IALA	INTERNATIONAL ASSOCIATION OF MARINE AIDS TO NAVIGATION AND LIGHTHOUSE AUTHORITIES
IHO	INTERNATIONAL HYDROGRAPHIC ORGANIZATION
IMO	INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION
ITU	INTERNATIONAL TELEPHONE UNION
LEO	LOW EARTH ORBIT
LIDAR	LIGHT DETECTION AND RANGING
MHz	MEGAHERTZ
MMNF	MULTIPLE MODEL NEURAL FILTER
MMSI	MARITIME MOBILE SERVICE IDENTITY
MSI/CAORF	MARINE SAFETY INTERNATIONAL / COMPUTER AIDED OPERATIONS RESEARCH FACILITY
OOW	OFFICE OF THE WATCH
OS	OPEN SYSTEM
RCDS	RASTER CHART DISPLAY SYSTEM
RMC	RECOMMEND MINIMUM SPECIFIC GNSS DATA
SOLAS	SAFETY OF LIFE AT SEA
SONAR	SOUND NAVIGATION AND RANGING

STCW	STANDARDS OF TRAINING, CERTIFICATION, AND WATCHKEEPING
STF	TASK FORCE GALILEO SIGNAL
TDMA	TIME DIVISION MULTIPLE ACCESS
USV	UNMANNED SURFACE VEHICLE
VCRO	VICE CHANCELLOR FOR RESEARCH
VDM	VHF DATA LINK MESSAGE
VDO	VHF DATA LINK OWN MESSAGE
VTs	VESSEL TRAFFIC SERVICE
WERA	WELLEN RADAR
WWRNS	WORD WIDE RADIONAVIGATION SYSTEM
EMY	ΕΘΝΙΚΗ ΜΕΤΕΩΡΟΛΟΓΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ

Περίληψη

Τα συστήματα εντοπισμού πλοίων αποτελούν απαραίτητο ναυτιλιακό εξοπλισμό, καθώς επιτρέπουν τον εντοπισμό, την ταυτοποίηση και την παρακολούθηση της θέσης ενός πλοίου, αλλά και άλλων αντικειμένων στη θάλασσα. Οι πληροφορίες που παρέχουν είναι ζωτικής σημασίας για την ασφαλή πλοήγηση και την εκτέλεση ελιγμών ενώ διαδραματίζουν και ζωτικό ρόλο στη διασφάλιση της επικοινωνίας μεταξύ των πλοίων και της ακτοφυλακής. Πολλά από τα σύγχρονα συστήματα εντοπισμού πλοίων έχουν ενσωματώσει επιτυχώς τη διαδικτυακή συνδεσιμότητα, προσφέροντας βελτιωμένες υπηρεσίες παρακολούθησης.

Παρόλο που η τεχνολογία έχει προχωρήσει σημαντικά, υπάρχουν ακόμα περιορισμοί που επηρεάζουν την αξιοπιστία αυτών των συστημάτων, όπως η απόσταση και τα προβλήματα δορυφορικής επικοινωνίας. Ωστόσο, η δυνατότητα παρακολούθησης των δρομολογίων σε πραγματικό χρόνο και η ευρύτερη διασύνδεση μεταξύ των εμπλεκόμενων μερών καθιστούν τα συστήματα εντοπισμού απαραίτητα για τη σύγχρονη ναυτιλία. Με την περαιτέρω ανάπτυξη της τεχνολογίας, αναμένεται να ξεπεραστούν οι υφιστάμενοι περιορισμοί και να ανοίξουν νέοι δρόμοι για τα θαλάσσια ταξίδια.

Η διπλωματική αυτή εργασία, θα αναδείξει: **α)** τα βασικά εργαλεία παρακολούθησης διαδρομών και ανίχνευσης πλοίων, **β)** ποια είναι η χρήση των συστημάτων ECDIS (Electronic Chart Display And Information System) και ENC (Electronic Navigational Chart) **γ)** πως τα δεδομένα AIS (Automatic Identification System) συμβάλουν στη καλύτερη λειτουργία αυτών των συστημάτων και ποιες πληροφορίες είναι απαραίτητες να ενσωματωθούν στα συστήματα απεικόνισης για την ασφαλή πλοήγηση, **δ)** και ποια η ανάγκη για την ανάπτυξη νέων υπολογιστικών αλγορίθμων για μια βέλτιστη και ασφαλή πορεία.

Λέξεις Κλειδιά: Πλοήγηση, AIS, ECDIS, RADAR, Αυτόνομο πλοίο

Abstract

A vessel tracking system is a technology that enables ships to determine their own position, locate other vessels and objects, and gather essential information for safe navigation at sea. These systems facilitate communication between ships and coast guards, playing a crucial role in maritime operations. Moreover, many ship tracking systems now incorporate internet connectivity, enhancing their capabilities.

While widely used, the technology still has limitations that can hinder its reliability. Distance restrictions and satellite communication issues pose significant challenges to the operation of these systems. However, overcoming these obstacles could revolutionize maritime travel by enabling extensive connectivity and improving safety.

This thesis will focus on: a) the fundamental tools for tracking routes and detecting ships, b) the use of ECDIS and ENC tools, c) how AIS data contributes to the better functioning of these systems and what information must be integrated into the display systems for safe navigation, and d) the need for the development of new computational algorithms for an optimal and safe course.

Keywords: *Navigation, AIS, ECDIS, RADAR, Autonomous Ship*

1

Εισαγωγή

1.1 Ο χώρος της Ναυτιλίας

Οι περισσότεροι θεωρούν την ελληνική ναυτιλία ως τον σημαντικότερο πυλώνα του εμπορικού ισοζυγίου της Ελλάδας. Ο χώρος της είναι ιδιαίτερα σύνθετος σε κάθε επίπεδο. Η Ελλάδα αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους ναυτικούς κόμβους παγκοσμίως, με την εμπορική ναυτιλία και τον τουρισμό να αποτελούν τους βασικούς πυλώνες της οικονομίας της. Η χώρα κατέχει παραδοσιακά ηγετική θέση στον παγκόσμιο εμπορικό στόλο, συμβάλλοντας σημαντικά στην ενίσχυση της διεθνούς της παρουσίας. Τα χιλιάδες εμπορικά πλοία που αποτελούν μέρος της παγκόσμιας ναυτιλιακής βιομηχανίας μεταφέρουν την πλειονότητα των εμπορευμάτων με ασφάλεια στον προορισμό τους και με το χαμηλότερο δυνατό κόστος.

Ιστορικά, η ναυτιλία θεωρήθηκε ως το πιο αποτελεσματικό, οικονομικό και φιλικό προς το περιβάλλον μέσο μεταφοράς για την ανθρωπότητα. Από την πλοιοκτησία και τη ναυπηγική μέχρι την ασφάλιση, τη ναύλωση και την εμπορική ναυτιλία, η θαλάσσια οικονομία καλύπτει ένα ευρύ φάσμα δραστηριοτήτων, δημιουργώντας ένα πολύπλοκο οικοσύστημα. Ειδικότερα, η ναυπηγική βιομηχανία (ναυπηγεία και επισκευαστικές μονάδες), όπως και άλλες βιομηχανικές επιχειρήσεις, εντάσσεται στη βιομηχανική οικονομία και τη βιομηχανική πολιτική, αλλά και στη θαλάσσια πολιτική. Επιπλέον, οι ναυτιλιακές εταιρείες μπορούν να διαδραματίσουν σημαντικό ρόλο στην κάλυψη του επενδυτικού κενού στην ελληνική οικονομία μέσω επενδύσεων σε κλάδους που σχετίζονται με τη ναυτιλία (όπως τα ναυπηγεία) ή άλλους κλάδους της ελληνικής οικονομίας [1].

Από την άλλη πλευρά, η διαχείριση και η ασφάλεια των εμπορικών πλοίων εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες που επιβάλλεται να λαμβάνονται υπόψη. Αυτό είναι εφικτό μόνο με την αναγνώριση της αξίας του ανθρώπινου παράγοντα σε κάθε στάδιο και τη διασφάλιση του κατάλληλου σχεδιασμού, της κατασκευής και της λειτουργίας των πλοίων. Ο άνθρωπος

παράγοντας αναφέρεται σε όλες τις δραστηριότητες που εκτελούνται από το πλήρωμα του πλοίου, το γραφείο της ναυτιλιακής εταιρείας, το ναυπηγείο όπου κατασκευάζεται το πλοίο και τους νομοθέτες. Όλοι οι παραπάνω παράγοντες πρέπει να λειτουργούν αρμονικά προκειμένου να επιτευχθούν τα βέλτιστα αποτελέσματα. Οι διεθνείς κανόνες για τη διασφάλιση των ναυτιλιακών δραστηριοτήτων και της ασφάλειας στη θάλασσα προέρχονται από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO, International Maritime Organization). Η Σύμβαση SOLAS (Safety Of Life At Sea, Διεθνής Σύμβαση για την ασφάλεια των ανθρώπων στη θάλασσα) αποτελεί τον ακρογωνιαίο λίθο του διεθνούς δικαίου για την ασφάλεια στη θάλασσα και εγκρίθηκε στη σημερινή της μορφή από τον IMO το 1974. Έκτοτε, η σύμβαση SOLAS επικαιροποιείται συνεχώς με περιοδικές τροποποιήσεις και προσθήκες που ενισχύουν και βελτιώνουν τους κανονισμούς για τη ναυπήγηση, τα τεχνικά και λειτουργικά πρότυπα ασφαλείας και την προστασία των πληρωμάτων των πλοίων [2].

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός αναπτύσσει και υιοθετεί διεθνείς συμβάσεις και κανονισμούς που καλύπτουν ένα ευρύ φάσμα θεμάτων, όπως η πρόληψη των ναυτικών ατυχημάτων, η εκπαίδευση και η πιστοποίηση των ναυτικών, η θαλάσσια ασφάλεια και η προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος, καθώς και η διευκόλυνση της διεθνούς ναυσιπλοΐας. Τα ναυτικά ατυχήματα προκαλούνται από ένα συνδυασμό παραγόντων, που κυμαίνονται από καθαρά τεχνικά αίτια και δυσλειτουργίες, όπως μηχανικές βλάβες, έως πιο σύνθετα περιβαλλοντικά (καιρικές συνθήκες) και ανθρώπινα αίτια. Στις περισσότερες περιπτώσεις, καθοριστικό ρόλο διαδραματίζει ο ανθρώπινος παράγοντας, ο οποίος εμπλέκεται, σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό, στις δραστηριότητες που σχετίζονται με τη διαχείριση και τη λειτουργία των πλοίων.

Τα περισσότερα ατυχήματα θα μπορούσαν να αποφευχθούν εάν οι εμπλεκόμενοι είχαν κατανοήσει, συνειδητοποιήσει, ενεργήσει, εκφραστεί ή πράξει διαφορετικά, και αυτό δεν περιορίζεται μόνο στους ναυτικούς, αλλά αφορά επίσης άτομα από το ευρύτερο σύστημα των θαλάσσιων μεταφορών, των οποίων οι αποφάσεις και οι ενέργειες μπορούν να έχουν σημαντικό αντίκτυπο στη λειτουργία του πλοίου, ακόμα και εξ αποστάσεως. Οι σύγχρονες μέθοδοι ασφαλείας, οι έρευνες ατυχημάτων και τα συστήματα διαχείρισης της ασφάλειας δεν εστιάζουν σε μεμονωμένα λάθη, ελλείψεις ή αδυναμίες. Αντίθετα, δίνουν έμφαση στον εντοπισμό και την αντιμετώπιση συστημικών ελαττωμάτων και ελλείψεων που επιτρέπουν να συμβεί το ανθρώπινο λάθος με τρόπους που μπορούν να οδηγήσουν σε ατυχήματα [3].

1.2 Ναυτιλία και Μετεωρολογία

Η θαλάσσια μετεωρολογία αποτελεί έναν κλάδο της μετεωρολογίας που επικεντρώνεται στις καιρικές συνθήκες που επικρατούν σε θαλάσσιες περιοχές, όπως η ορατότητα, ο άνεμος, τα βαρομετρικά συστήματα, η κατάσταση της θάλασσας, τα μέτωπα κακοκαιρίας, τα παγόβουνα και η ομίχλη, οι οποίες μπορεί να επηρεάσουν τα πλοία και τα σκάφη. Σήμερα, οι μετεωρολογικές πληροφορίες είναι διαθέσιμες από πολλές πηγές.



Εικόνα 1 “Μαρίνα Πάτρας - Καταιγίδα / Στράτος Αυγερινός 2016”[90]

Ωστόσο, για οποιονδήποτε εργάζεται στη θάλασσα, είτε ερασιτέχνης είτε επαγγελματίας, η ύψιστη προτεραιότητα, εκτός από τη γνώση των καθημερινών προβλέψεων που εκδίδονται από επίσημους φορείς (π.χ. την Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία) και άλλους οργανισμούς μέσω των ιστοσελίδων τους, είναι να αναγνωρίζει τα οπτικά σημάδια στον ουρανό που προειδοποιούν για τις επερχόμενες καιρικές συνθήκες [4].

1.3 Ναυτιλία και Τεχνολογία

Η πληροφορική και η τεχνολογία αποτελούν ακρογωνιαίους λίθους στην εξέλιξη των θαλάσσιων μεταφορών. Αρχικά, η ανάπτυξη των ψηφιακών δεδομένων και πληροφοριακών συστημάτων έχει καταστήσει τα ταξίδια ανάμεσα σε ξηρά και θάλασσα πιο εύκολα και άμεσα. Επιπλέον, έχει διευκολύνει τη διαχείριση των πλοίων, επιτρέποντας ταχύτερη και πιο έξυπνη λήψη αποφάσεων, μειώνοντας έτσι το κόστος και τον απαιτούμενο χρόνο εργασίας. Αυτό δίνει τη δυνατότητα στα πλοία να αξιοποιούν πλήρως τις δυνατότητές τους. Με την εξέλιξη αυτών των βασικών παραγόντων, η πληροφορική έχει ενισχύσει σημαντικά την ανταγωνιστικότητα της ναυτιλιακής βιομηχανίας.

Επίσης, συμβάλλει αποφασιστικά στην ανάπτυξη και εξέλιξη του ναυτιλιακού τομέα, όπως για παράδειγμα με την αυξανόμενη ανάγκη για συνεχή διαδικτυακή επικοινωνία. Η τεχνολογία επιτρέπει στους χρήστες να παραμένουν συνδεδεμένοι ανά πάσα στιγμή, ανεξάρτητα από τη συσκευή που χρησιμοποιούν, την τοποθεσία τους ή τη ζώνη ώρας. Ταυτόχρονα, ο μεγάλος όγκος

δεδομένων και οι συνεχείς κυβερνοαπειλές αναγκάζουν τις εταιρείες μεταφορών να ενισχύσουν την ασφάλεια των συσκευών και των συστημάτων τους. Σήμερα, η τεχνολογία μπορεί να συνδυάσει προηγμένα χαρακτηριστικά ασφαλείας και να παρέχει λύσεις για την προστασία από κινδύνους σε πραγματικό χρόνο [5].

1.4 Δομή διπλωματικής εργασίας

Η διπλωματική αυτή εργασία, θα αναδείξει αρχικά, στο δεύτερο κεφάλαιο, τα πιο βασικά εργαλεία παρακολούθησης των διαδρομών και της ανίχνευσης των πλοίων που χρησιμοποιούνται έως και σήμερα. Κάποια από αυτά χρησιμοποιούνται από την αρχαιότητα, ενώ άλλα έχουν βρει εφαρμογή τα τελευταία χρόνια. Στην συνέχεια, θα μελετηθεί και θα εξεταστεί η χρησιμότητα των συστημάτων ECDIS και ENC κι αργότερα στο τέταρτο κεφάλαιο πως τα δεδομένα AIS συμβάλουν στη καλύτερη λειτουργία αυτών των συστημάτων, αλλά και ποιες πληροφορίες είναι αναγκαίο να ενσωματωθούν στα συστήματα απεικόνισης για να επιτευχθεί ασφαλέστερη πλοήγηση.

Τέλος, στο τελευταίο κεφάλαιο θα αναπτυχθούν επιχειρήματα για την ανάπτυξη νέων υπολογιστικών αλγορίθμων για τη βελτιστοποίηση των θαλάσσιων διαδρομών, με στόχο την ασφαλέστερη πλοήγηση. Επίσης, εξετάζονται οι πιθανές εφαρμογές νέων τεχνολογιών στα συστήματα ασφαλείας των πλοίων και αξιολογείται ο αντίκτυπός τους στη ναυτιλία.

2

Βασικά Συστήματα Παρακολούθησης Διαδρομών και Ανίχνευσης Πλοίων

Η ενότητα αυτή επικεντρώνεται στα βασικά συστήματα παρακολούθησης διαδρομών και ανίχνευσης πλοίων στον τομέα της θαλάσσιας ναυτιλίας. Είναι απαραίτητο να κατανοήσουμε τη σημασία αυτών των συστημάτων για μια ασφαλή και αποτελεσματική ναυτιλία. Ξεκινώντας από την ιστορική αναδρομή, μαθαίνουμε την εξέλιξη των συστημάτων πλοήγησης, από τη χρήση της πυξίδας μέχρι τους σύγχρονους ηλεκτρονικούς χάρτες και τα συστήματα πλοήγησης GPS (Global Positioning System), AIS (Automatic Identification System) και EPIRB (Emergency Position Indicating Radio Beacons).

Οι ναυτικές χάρτες παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για την ασφαλή πλοήγηση, ενώ η χρήση ηλεκτρονικών βοηθημάτων πλοήγησης και των συστημάτων GNSS (Global Navigation Satellite System) αυξάνει την ακρίβεια και την αξιοπιστία της πλοήγησης. Επιπλέον, οι διεθνείς κανονισμοί και τα παγκόσμια συστήματα εντοπισμού θέσης παίζουν κρίσιμο ρόλο στη διασφάλιση της ασφάλειας στη θάλασσα και την αποτελεσματική διαχείριση του κινδύνου. Επιπροσθέτως, καινοτόμες τεχνολογίες, όπως τα ωκεανογραφικά Ραντάρ υψηλής συχνότητάς (HF, High Frequency) προσφέρουν νέες δυνατότητες για την επιτήρηση και τον εντοπισμό πλοίων. Στην παρούσα ενότητα, θα εξετάσουμε λεπτομερώς τις λειτουργίες και τη σημασία αυτών των συστημάτων, καθώς και τις προκλήσεις και τις ευκαιρίες που προκύπτουν από τη χρήση τους στην θαλάσσια ναυτιλία.

2.1 Ιστορική Αναδρομή

Το σχήμα της ελληνικής επικράτειας, η ακτογραμμή και η εξάπλωση των νησιών καθορίζουν μέχρι σήμερα το ρόλο της θάλασσας, δημιουργώντας τις προϋποθέσεις για την εξάπλωση του ελληνισμού. Μετά την πρωτόγονη ναυπηγική της παλαιολιθικής και νεολιθικής περιόδου, η σημαντική πρόοδος στη ναυπηγική του Αιγαίου αποδίδεται στην εξέλιξη των πλοίων με τη χρήση χάλκινων εξαρτημάτων. Τα πρώτα τέτοια πλοία κατασκευάστηκαν στις αρχές της δεύτερης χιλιετίας π.Χ. Ο αγώνας ενάντια στα κύματα και οι προσπάθειες κατάκτησης της θάλασσας έδωσαν στους Έλληνες μια αίσθηση δύναμης, πνεύμα ελευθερίας και ανωτερότητας.

Στη πορεία, η βιομηχανική επανάσταση άλλαξε τον κόσμο με την έλευση του ατμόπλοιου, καθώς και με τις αλλαγές στην κατοικία και την παγκόσμια οικονομία. Τα ατμόπλοια εμφανίστηκαν την πρώτη δεκαετία του 1800, πλέοντας σε ποτάμια και κανάλια. Στη δεκαετία του 1850, ταξίδεψαν στον Ειρηνικό και ήταν κατασκευασμένα από σίδηρο. Τις δεκαετίες του 1860 και του 1870, τα ατμόπλοια άρχισαν να αποτελούν σοβαρή απειλή για τα ιστιοφόρα πλοία και στη συνέχεια στις δεκαετίες 1870 και 1880, τα ατμόπλοια κατασκευάζονταν από χάλυβα. Οι μηχανές των πλοίων κατανάλωναν καύσιμα, όπως το κάρβουνο και το πετρέλαιο, και τα πλοία μεγάλωναν σε μέγεθος. Μετά τον Δεύτερο Παγκόσμιο Πόλεμο αναπτύχθηκε η ναυτιλιακή βιομηχανία μεταφοράς εμπορευμάτων, ιδιαίτερα παράλληλα με την άνοδο της παγκόσμιας οικονομίας στις δυτικές χώρες. Αυτή ήταν η Χρυσή Εποχή, που αναγνωρίζεται ως η αρχή της σύγχρονης ναυτιλίας, η οποία συνεχίζει να ακμάζει ακόμη και σήμερα. Έτσι, τα πλοία έγιναν μεγαλύτερα, τα μέσα μεταφοράς βελτιώθηκαν και η τεχνολογική πρόοδος έπαιξε σημαντικό ρόλο στον τομέα αυτό.

Με την πάροδο των ετών, οι άνθρωποι ανέπτυξαν και τελειοποίησαν διάφορα ναυτιλιακά βοηθήματα για να διευκολύνουν τη θαλάσσια ναυσιπλοΐα και να επιτρέψουν στους ναυτικούς να επιτύχουν τους στόχους τους, με αποτέλεσμα σήμερα να είμαστε σε θέση να χρησιμοποιούμε σύγχρονα συστήματα πλοήγησης, τα οποία εξασφαλίζουν την ασφάλειά μας.

2.2 Η χρήση της Πυξίδα

Η εμφάνιση της πυξίδας αποτελεί σημαντικό ορόσημο στην ιστορία της ναυσιπλοΐας. Ξεκινώντας τον 11^ο αιώνα από την Κίνα και μετέπειτα στην Ευρώπη, η πυξίδα επέτρεψε στους ναυτικούς να προσδιορίζουν με ακρίβεια την κατεύθυνσή τους, ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες και την ορατότητα των ουράνιων σωμάτων. Οι πυξίδες έγιναν απαραίτητο κομμάτι του



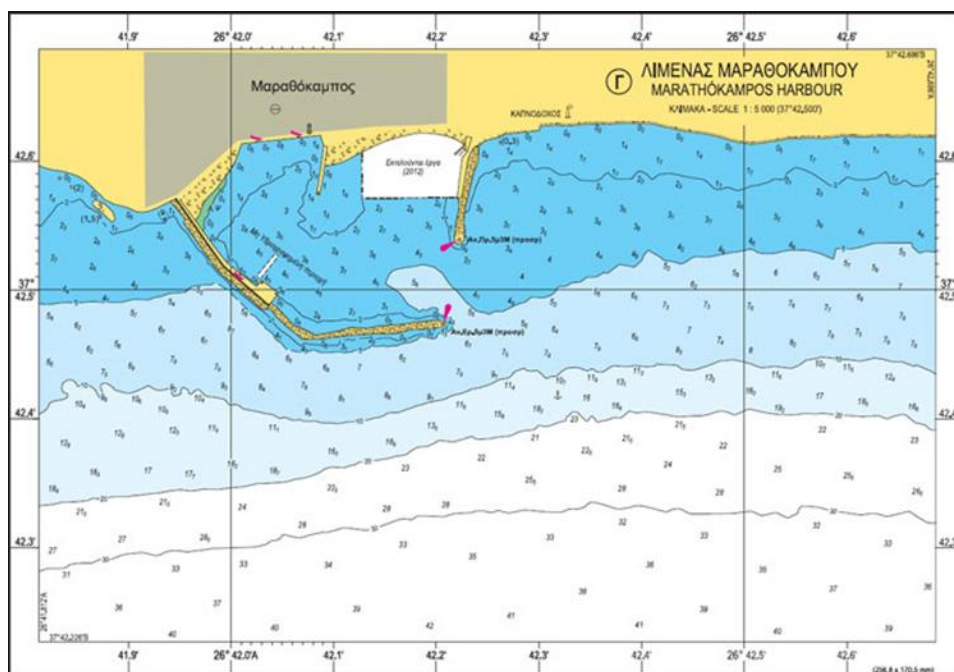
Εικόνα 2 Compass "Lifo"[7]

εξοπλισμού των πλοίων, αλλάζοντας ριζικά τις δυνατότητες της ναυσιπλοΐας στην ανοιχτή θάλασσα.

Τον 18ο αιώνα, ο Άγγλος ωρολογοποιός Τζον Χάρισον έκανε ένα σημαντικό βήμα στον τομέα της ναυσιπλοΐας αναπτύσσοντας το πρώτο ναυτικό χρονόμετρο ακριβείας [6], το οποίο σε συνδυασμό με τη πυξίδα, επέτρεψε στους ναυτικούς να προσδιορίζουν με ακρίβεια τη γεωγραφική τους θέση. Σήμερα, αν και η τεχνολογία έχει εξελιχθεί και υπάρχουν πιο σύνθετα συστήματα πλοήγησης, η πυξίδα εξακολουθεί να διατηρεί τη σημασία της. Ως ένα απλό αλλά αξιόπιστο εργαλείο, η πυξίδα λειτουργεί ως βασικό εφεδρικό σύστημα πλοήγησης, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις έκτακτης ανάγκης ή βλάβης των ηλεκτρονικών συστημάτων. Είναι σύνηθες να τοποθετείται σε εμφανές σημείο, ώστε να υπάρχει εύκολη πρόσβαση από το πλήρωμα ανά πάσα στιγμή.

2.3 Ναυτικοί Χάρτες

Οι ναυτικοί χάρτες είναι από τα βασικά εργαλεία ενός ναυτικού. Οι περισσότεροι χάρτες παρέχουν λεπτομερείς πληροφορίες σχετικά με πιθανούς θαλάσσιους κινδύνους, όπως κοπάδια ψαριών, σημαδούρες, σημεία βάθους και αβαθών καθώς και την παράκτια τοπογραφία. Είναι απαραίτητο να υπάρχουν επί του σκάφους ενημερωμένοι ναυτικοί χάρτες για την ελαχιστοποίηση των πιθανών κινδύνων. Ωστόσο, λόγω της προόδου της τεχνολογίας, οι ψηφιακοί χάρτες, που θα εξετάσουμε αναλυτικά στην επόμενη ενότητα, είναι πλέον πιο δημοφιλείς από άλλες μεθόδους απεικόνισης.



Εικόνα 3 Ναυτικός χάρτης "Μαραθόκαμπος" - Πολεμικό Ναυτικό Υδρογραφική Υπηρεσία [8]

2.4 Ηλεκτρονικά βοηθήματα πλοήγησης

2.4.1 RADAR

Η κύρια ευθύνη του καπετάνιου στη θάλασσα είναι να πλοηγήσει το πλοίο με ασφάλεια στον τελικό του προορισμό αποφεύγοντας ατυχήματα και συγκρούσεις με άλλα πλοία. Με την πρόοδο της τεχνολογίας, η γέφυρα των πλοίων έχει εμπλουτιστεί με σύγχρονα συστήματα ασφάλειας, όπως τα Ραντάρ επιτήρησης και τα συστήματα αυτόματης αναγνώρισης AIS, τα οποία παίζουν καθοριστικό ρόλο στην παρακολούθηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος και στην αποφυγή κινδύνων.

Τον 20ό αιώνα, το Ραντάρ αποτέλεσε ένα σημαντικό άλμα στη ναυτιλιακή βιομηχανία. Χρησιμοποιεί τη μετάδοση και τη λήψη ραδιοκυμάτων για τον εντοπισμό εμποδίων, άλλων σκαφών και πιθανών κινδύνων, εξασφαλίζοντας την ασφαλή ναυσιπλοΐα ακόμη και σε συνθήκες κακής ορατότητας, αποτρέποντας έτσι πιθανές συγκρούσεις. Τα σύγχρονα Ραντάρ ενσωματώνουν τη χρήση GPS για τον αυτόματο εντοπισμό θέσης στόχων. Η βασική αρχή του Ραντάρ είναι ο προσδιορισμός της απόστασης προς ένα αντικείμενο ή "στόχο" μετρώντας το χρόνο που χρειάζεται ένας πολύ σύντομος παλμός ραδιοκύματος υψηλής συχνότητας για να ταξιδέψει από μια πηγή αναφοράς σε μια συγκεκριμένη θέση και να επιστρέψει ως ανακλώμενη ηχώ. Η κεραία του Ραντάρ (σαρωτής) περιστρέφεται για να σαρώσει ολόκληρο το περιβάλλον. Η θέση του στόχου καθορίζεται από τον προσανατολισμό της κεραίας καθώς επιστρέφει το ανακλώμενο σήμα [9].

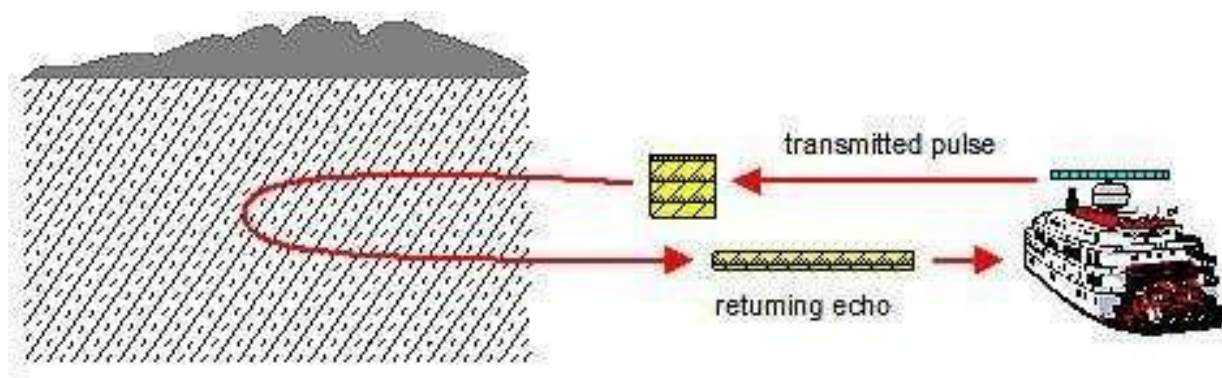
Κατά συνέπεια τα Ραντάρ εντοπισμού χρησιμοποιούνται σήμερα στα πλοία και παρέχουν πληροφορίες σχετικά με την κίνηση των στόχων γύρω από το σκάφος. Ειδικοί αλγόριθμοι εντοπισμού μπορούν να προσδιορίσουν την πορεία και την ταχύτητα του στόχου μέσω μετρήσεων απόστασης και κατεύθυνσης. Το πιο προηγμένο σύστημα Ραντάρ που έχει αναπτύξει ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) για την παρακολούθηση στόχων στη θάλασσα είναι το Automatic Radar Plotting Assistance (ARPA). Οι επιχειρησιακές απαιτήσεις για την παρακολούθηση μέσω Ραντάρ αναπτύχθηκαν από τον IMO το 1979, με τις τελευταίες αναθεωρήσεις να εκδίδονται το 2004 και να καθίστανται υποχρεωτικές από το 2008.



Εικόνες 4 & 5 Σύστημα Εντοπισμού Radar – Wikipedia [11][12]

Αν και το Ραντάρ παραμένει το κύριο σύστημα για την αποφυγή συγκρούσεων, τα μειονεκτήματά του, όπως η χρονική καθυστέρηση στην ανίχνευση γρήγορων μεταβολών στις κινήσεις των στόχων και η αδυναμία ταυτοποίησης των στόχων, υπογραμμίζουν την ανάγκη συμπληρωματικών συστημάτων για την ενίσχυση της ασφάλειας [10].

Η χρησιμότητα του Ραντάρ ως όργανο πλοήγησης βασίζεται στην κατανόηση των δυνατοτήτων και των περιορισμών του. Είτε χρησιμοποιείται για την ακριβή μέτρηση αποστάσεων, είτε για τον εντοπισμό ακτογραμμών σε αντίξοες καιρικές συνθήκες, η πλήρης γνώση των χαρακτηριστικών κάθε τύπου Ραντάρ είναι κρίσιμη. Τα Ραντάρ πλοίων, τα οποία συνήθως έχουν μικρή εμβέλεια, χρησιμοποιούνται κυρίως για την ανίχνευση και παρακολούθηση άλλων σκαφών σε κοντινές αποστάσεις. Λειτουργούν σε συγκεκριμένες ζώνες συχνοτήτων, γνωστές ως X-band και S-band. Ο όρος "X-band" προέρχεται από την εποχή του Β' Παγκοσμίου Πολέμου, όταν τα Ραντάρ λειτουργούσαν σε απόρρητες συχνότητες για τον εντοπισμό εχθρικών πλοίων [13].



Εικόνα 6 Το ταξίδι του παλμού ενός Ραντάρ - Radar & Electronic Navigation Aids [13]

2.4.2 Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης (GPS)

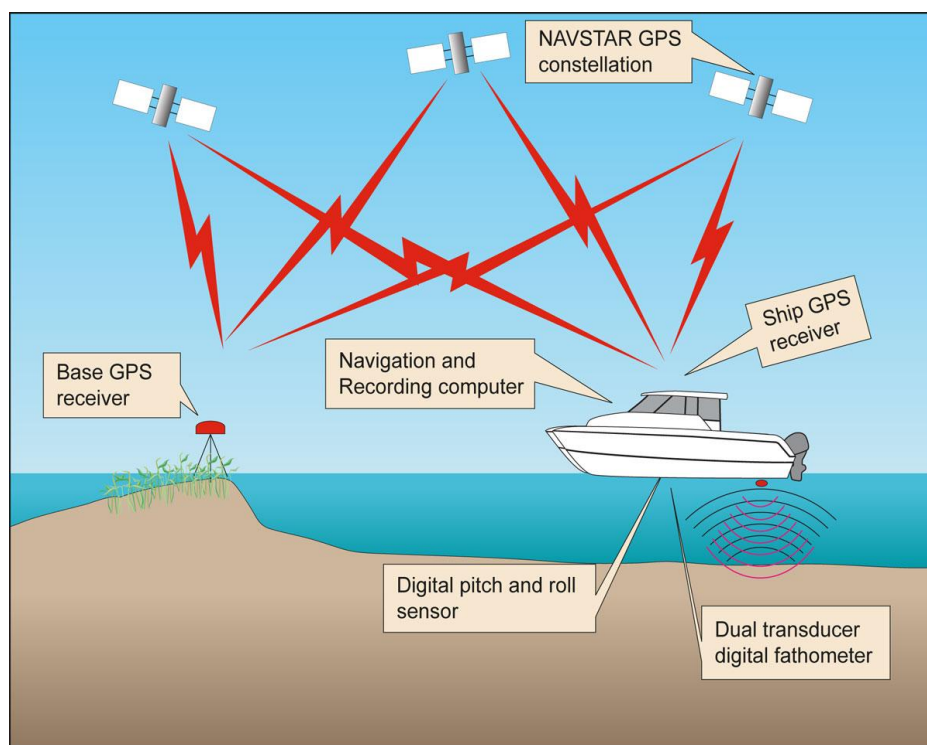
Τον 21ο αιώνα, η επανάσταση στην πλοήγηση ήρθε με την εισαγωγή του Παγκόσμιου Συστήματος Εντοπισμού Θέσης (GPS). Το δορυφορικό αυτό σύστημα προσφέρει εξαιρετικά ακριβείς πληροφορίες για τη θέση, διευκολύνοντας τον προσανατολισμό. Σήμερα, όλα τα σκάφη είναι εξοπλισμένα με δέκτες GPS, δίνοντας στους ναυτικούς τη δυνατότητα να εντοπίζουν με ακρίβεια τη θέση τους, να χαράσσουν πορείες και να πλοηγούν με ασφάλεια. Η μετάβαση από τα παραδοσιακά βοηθήματα πλοήγησης σε υπερσύγχρονες τεχνολογίες όπως το GPS δείχνει πώς οι τεχνολογικές εξελίξεις έχουν αναδιαμορφώσει την πλοήγηση στην ανοικτή θάλασσα. Από την αστροναυτιλία έως τα σημερινά συστήματα, αυτές οι εξελίξεις μας επιτρέπουν να φτάσουμε στους προορισμούς μας με μεγαλύτερη ασφάλεια και αποτελεσματικότητα.

Το Παγκόσμιο Σύστημα Εντοπισμού Θέσης αποτελεί μέρος του συστήματος δορυφορικής πλοήγησης, το οποίο αναπτύχθηκε από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ στο πλαίσιο του δορυφορικού προγράμματος NAVSTAR [14]. Σήμερα, το GPS διαθέτει περισσότερους από 24 ενεργούς δορυφόρους, οι οποίοι είναι τοποθετημένοι σε έξι κυκλικές τροχιές με ίση περίπου απόσταση μεταξύ τους. Οι τροχιές έχουν κλίση 55° ως προς τον ισημερινό και η γωνιακή τους

απόσταση είναι περίπου 60° . Οι τροχιές είναι σταθερές και σχεδόν κυκλικές, με ακτίνα 26.560 km. Σε κάθε σημείο της Γης, τέσσερις ή περισσότεροι δορυφόροι GPS είναι ορατοί ανά πάσα στιγμή, επιτρέποντας τον ακριβή εντοπισμό της θέσης του παρατηρητή 24 ώρες το 24ωρο [15].

Κάθε δορυφόρος GPS φέρει ένα ατομικό ρολόι υψηλής ακρίβειας, συνήθως καισίου ή ρουβιδίου, για να διασφαλίσει τον ακριβή χρονισμό των εκπεμπόμενων σημάτων. Αυτά τα ρολόγια χρησιμοποιούν προηγμένους αλγόριθμους διόρθωσης χρόνου, οι οποίοι αντισταθμίζουν τις σχετικιστικές επιδράσεις που προκαλούνται από τη διαφορά ταχύτητας και βαρυτικού πεδίου ανάμεσα στη Γη και τον δορυφόρο. Οι δορυφόροι εκπέμπουν δύο κύρια σήματα στη ζώνη L, τα L1 (1575.42 MHz) και L2 (1227.60 MHz), τα οποία είναι ακέραια πολλαπλάσια της συχνότητας αναφοράς $f_0 = 10.23$ MHz. Η χρήση διπλής συχνότητας επιτρέπει την πιο ακριβή εκτίμηση των ιονόσφαιρικών καθυστερήσεων, βελτιώνοντας την ακρίβεια στον προσδιορισμό της θέσης. Κάθε σήμα κωδικοποιείται με τη χρήση των δύο κωδικών ψευδοτυχαίου θορύβου και εφαρμόζεται η διαμόρφωση BPSK (Binary Phase Shift Keying) για τη μεταφορά των δεδομένων [16].

Η ιδέα πίσω από το GPS είναι απλή. Εάν είναι γνωστή η απόσταση από ένα σημείο της Γης (ο δέκτης GPS) έως τέσσερις δορυφόρους GPS, μπορεί να προσδιοριστεί η θέση του δέκτη και οι θέσεις των δορυφόρων με μια απλή μαθηματική εφαρμογή. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, κάθε δορυφόρος GPS εκπέμπει συνεχώς ραδιοσήματα μικροκυμάτων σε συχνότητες L1 και L2. Όταν ο δέκτης GPS είναι ενεργοποιημένος, λαμβάνει το σήμα GPS μέσω της κεραίας του, το επεξεργάζεται χρησιμοποιώντας το εσωτερικό του λογισμικό και υπολογίζει τη θέση του με βάση την τριγωνομετρική μέθοδο και τον χρόνο που χρειάζεται το σήμα για να φτάσει από τον δορυφόρο στον δέκτη [16].



Εικόνα 7 Σύστημα GPS - https://pubs.usgs.gov/ds/722/html/images/sands_aquisition_catLG.jpg [17]

Επιπρόσθετα, για να υπάρχει ασφάλεια στη ναυσιπλοΐα, απαιτούνται ακριβείς πληροφορίες για το βάθος του νερού και τον πυθμένα της θάλασσας, κάτι που είναι ιδιαίτερα σημαντικό σε περιοχές όπου το νερό είναι ρηχό. Οι συμβατικές μέθοδοι για τον προσδιορισμό του βάθους του νερού χρησιμοποιούν μια μονή δέσμη σήματος, η οποία τοποθετείται στο πλοίο και παράγει ηχητικά κύματα (παλμούς) που μεταδίδονται στον πυθμένα και αντανακλώνται πίσω στην πηγή. Το βάθος του νερού υπολογίζεται με βάση τον καταγεγραμμένο χρόνο διαδρομής του παλμού και την ταχύτητα του ήχου στο νερό. Να σημειωθεί ότι οι ηχητικοί παλμοί χρησιμοποιούν συσκευές που είναι τοποθετημένες στο σκάφος και ονομάζονται μετατροπείς, οι οποίες μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε ηχητική ενέργεια και αντίστροφα [16].

2.4.3 Σύστημα Automatic Identification System (AIS)

Το AIS, αρχικά προοριζόταν ως πλατφόρμα υψηλής συχνότητας για τη μετάδοση πληροφοριών σχετικών με πλοία. Σύμφωνα με τον IMO, όλα τα πλοία άνω των 300 GT (Giga Tones ολικής χωρητικότητας) οφείλουν να είναι εξοπλισμένα με έναν πομποδέκτη για την ανταλλαγή δεδομένων και πληροφοριών μεταξύ των πλοίων. Τα δεδομένα αυτά περιλαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με την πορεία, την ταχύτητα, τη θέση, καθώς και στατικές πληροφορίες όπως: προορισμό, όνομα πλοίου, διακριτικό κλήσης και διαστάσεις. Συνεπώς, παρέχονται ακριβείς πληροφορίες αναγνώρισης και παρακολούθησης άλλων σκαφών. Το κύριο πρόβλημα εντοπίζεται στο γεγονός ότι τα δεδομένα που λαμβάνονται δεν είναι ανεξάρτητα από τους εσωτερικούς αισθητήρες του πλοίου, όπως το Ραντάρ. Εάν υπάρξει βλάβη στους αισθητήρες του πλοίου-στόχου, θα μεταδοθούν λανθασμένα δεδομένα. Επομένως το AIS χρησιμοποιείται ευρέως σε διαδικασίες αποφυγής συγκρούσεων [18].

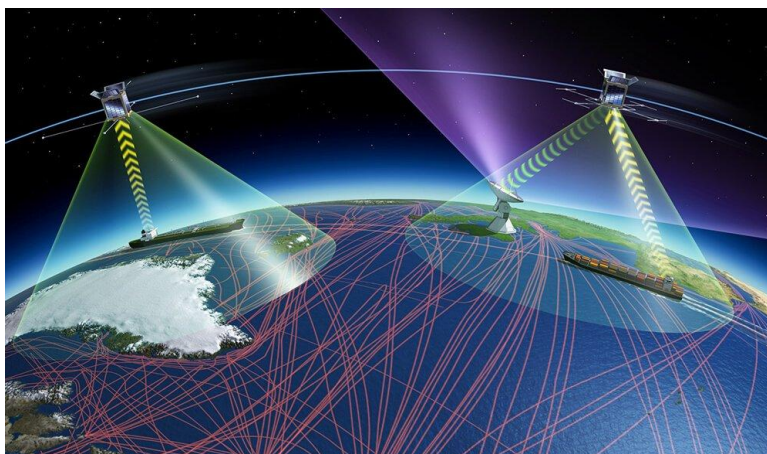
Στην πράξη, και τα δύο συστήματα εντοπισμού (Ραντάρ και AIS) πρέπει να χρησιμοποιούνται ταυτόχρονα και τα δεδομένα τους να ενσωματώνονται. Συνεπώς, μία από τις βασικές πτυχές της σύγχρονης ναυσιπλοΐας είναι η ολοκλήρωση των δεδομένων. Για τους υπεύθυνους παρακολούθησης της ναυσιπλοΐας, είναι απαραίτητο να διαθέτουν αξιόπιστες και ακριβείς ολοκληρωμένες πληροφορίες από τους διάφορους αισθητήρες που βρίσκονται πάνω στο σκάφος. Ορισμένα συστήματα αναπτύχθηκαν ως ανεξάρτητες οντότητες, ενώ άλλα χρησιμοποιούν όλα τα διαθέσιμα δεδομένα. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα ενός τέτοιου συστήματος είναι το ηλεκτρονικό σύστημα απεικόνισης χαρτών και πληροφοριών (ECDIS), το οποίο εμφανίστηκε στα τέλη του 20ού αιώνα. Η βασική ιδέα ήταν η παρουσίαση πληροφοριών πλοήγησης μαζί με τον ηλεκτρονικό ναυτιλιακό χάρτη (ENC), αλλά με την πάροδο του χρόνου το σύστημα εξελίχθηκε και αποτέλεσε τη βάση για νέες λειτουργίες. Η μέθοδος παρουσίασης των πιθανών καταστάσεων σύγκρουσης γύρω από τα πλοία έχει επίσης εξελιχθεί σημαντικά. Η βάση για αυτό είναι ο συνδυασμός δεδομένων από Ραντάρ και AIS. Το ECDIS, ως μέρος ενός ολοκληρωμένου συστήματος πλοήγησης, αποτελεί σήμερα την κυριότερη πλατφόρμα για τη συγχώνευση αυτών των δεδομένων. Η συγχώνευση δεδομένων από Ραντάρ και AIS αποτελεί τη βάση για τα σύγχρονα συστήματα υποστήριξης απόφασης στη ναυσιπλοΐα [18].

Ωστόσο, το AIS έχει και αρκετά μειονεκτήματα. Πρώτον, επηρεάζεται από τις καιρικές συνθήκες και άλλους απρόβλεπτους παράγοντες, οι οποίοι μπορεί να οδηγήσουν σε ανακριβείς μετρήσεις. Επιπλέον, το AIS λαμβάνει μόνο παθητικά τις πληροφορίες που μεταδίδονται από το σκάφος-στόχο. Σκάφη που δεν υποχρεούνται να φέρουν σύστημα AIS, όπως τα αλιευτικά σκάφη

και τα σκάφη αναψυχής μικρού μεγέθους που δεν εκτελούν τακτικά δρομολόγια, μπορούν να εντοπιστούν μόνο με Ραντάρ. Η συνδυαστική αξιοποίηση των δεδομένων Ραντάρ και AIS, μέσω κατάλληλων μεθόδων επεξεργασίας και απεικόνισης, ενισχύει σημαντικά την αποτελεσματικότητα των συστημάτων παρακολούθησης, αξιοποιώντας τα συμπληρωματικά χαρακτηριστικά των δύο τεχνολογιών.

Το AIS είναι σχεδιασμένο να λειτουργεί σε διάφορες λειτουργίες πρόσβασης καναλιού, όπως simplex (μονοκατευθυνμένη επικοινωνία) ή half-duplex (εναλλασσόμενη μετάδοση και λήψη) στα κανάλια VHF 161,975 MHz και 162,025 MHz, με εύρος ζώνης 25 kHz ή 12,5 kHz. Σε περιοχές με υψηλή ναυσιπλοΐα, όπου απαιτείται μεγαλύτερη χωρητικότητα του καναλιού, χρησιμοποιείται συχνότερα το TDMA (Time Division Multiple Access), το οποίο επιτρέπει σε πολλά πλοία να μοιράζονται το κανάλι, μεταδίδοντας τα δεδομένα τους σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους. Η επιλογή της κατάλληλης λειτουργίας πρόσβασης εξαρτάται από τους ισχύοντες κανονισμούς ραδιοεπικοινωνίας και τις συγκεκριμένες απαιτήσεις κάθε περιοχής. Επιπλέον, το AIS μπορεί να λειτουργεί και σε δορυφορικά κανάλια για μεγαλύτερη εμβέλεια [19].

Συμπερασματικά, το AIS είναι ένα αυτόματο σύστημα που ανταλλάσσει συνεχώς πληροφορίες μεταξύ πλοίων και παράκτιων σταθμών, βελτιώνοντας την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας. Συλλέγει και επεξεργάζεται στατικά δεδομένα (όνομα πλοίου, MMSI, κ.λπ.) και δυναμικά δεδομένα (θέση, ταχύτητα, πορεία, κ.λπ.) τόσο από το ίδιο το πλοίο όσο και από εξωτερικές πηγές.



Εικόνα 8 AIS Marine Traffic [20]

Οι κύριες λειτουργίες του AIS είναι [21]:

- Αποφυγή συγκρούσεων: Παρέχει σε πραγματικό χρόνο πληροφορίες για την κίνηση των πλοίων σε παράκτιες περιοχές.
- Υποστήριξη συστημάτων VTS (Vessel Traffic Service): Συμβάλλει στη διαχείριση της θαλάσσιας κυκλοφορίας.
- Παροχή πληροφοριών σε παράκτια κράτη: Διευκολύνει την παρακολούθηση των πλοίων και των φορτίων τους.

Επιπλέον δυνατότητες:

- Οπτικοποίηση δεδομένων: Παρέχει φιλικό περιβάλλον προς το χρήστη, για την απεικόνιση των ναυτιλιακών πληροφοριών σε ηλεκτρονικούς χάρτες (ECDIS).
- Διαχείριση βάσης δεδομένων: Διευκολύνει την αποθήκευση, αναζήτηση και ανάλυση των δεδομένων.
- Σχεδιασμός πορειών: Υποστηρίζει τη δημιουργία και βελτιστοποίηση ναυτιλιακών δρομολογίων.
- Αλληλεπίδραση με ηλεκτρονικούς χάρτες: Επιτρέπει την προσαρμογή και την ανάλυση των ναυτιλιακών χαρτών.

2.4.4 Σύστημα *Emergency Position Indicating Radio Beacons (EPIRB)*

Τα συστήματα EPIRB είναι πομποί έκτακτης ανάγκης για την αποστολή σημάτων κινδύνου σε περίπτωση ατυχήματος ή αν ένα σκάφος βρίσκεται σε κίνδυνο. Το σήμα λαμβάνεται από δορυφόρο και επιτρέπει στις ομάδες διάσωσης να εντοπίσουν γρήγορα το σκάφος και να παράσχουν άμεση βοήθεια. Για τη διασφάλιση της ασφάλειας του πληρώματος και των επιβατών, τα πλοία πρέπει να έχουν εξοπλιστεί με αυτό το σύστημα. Βεβαία, καμία τεχνολογία δεν μπορεί να αντικαταστήσει την εμπειρία, τις δεξιότητες και την κρίση του πλοιάρχου και του πληρώματος [22].

Οι συσκευές EPIRB μεταδίδουν ένα ψηφιακό σήμα κινδύνου στο δορυφορικό σύστημα Cospas-Sarsat το οποίο περιέχει ένα μοναδικό 15ψήφιο αναγνωριστικό. Ανάλογα με τον τόπο νηολόγησης του πλοίου, αυτό μπορεί να είναι ένας σειριακός αριθμός ή ο αριθμός MMSI (Maritime Mobile Service Identity) του πλοίου. Στην περίπτωση EPIRB με σειριακό αριθμό, η ομάδα έρευνας και διάσωσης θα λάβει πληροφορίες καταχώρισης μέσω του πλησιέστερου φάρου, ενημερώνοντάς τους για τον κάτοχο της συσκευής και παρέχοντας πρόσθετες πληροφορίες επικοινωνίας έκτακτης ανάγκης. Για τις συσκευές EPIRB που χρησιμοποιούν αριθμό MMSI, το αναγνωριστικό EPIRB προστίθεται στη σχετική ναυτιλιακή βάση δεδομένων.

Οι σύγχρονοι πομποί EPIRB είναι εξοπλισμένοι με τεχνολογία AIS, πράγμα που σημαίνει ότι όταν ενεργοποιείται ένας EPIRB με AIS, ένα σήμα AIS μεταδίδεται στα γειτονικά σκάφη που είναι εξοπλισμένα με αναμεταδότες AIS, ενημερώνοντάς τα αμέσως για την κατάσταση κινδύνου και τη θέση του EPIRB. Τα σκάφη που βρίσκονται στην περιοχή όπου ενεργοποιείται ο πομπός EPIRB, επιτρέπουν να ξεκινήσουν αμέσως επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης χωρίς να χρειάζεται να περιμένουν απάντηση έκτακτης ανάγκης από τις αρμόδιες αρχές. Αυτή η τεχνολογική εξέλιξη κάνει πιο σύντομους τους χρόνους διάσωσης και αυξάνει την ασφάλεια [23].

2.4.5 Ηλεκτρονικοί χάρτες πλοήγησης: Διεθνή πρότυπα & Προβολές χάρτη

Οι ηλεκτρονικοί ναυτικοί χάρτες (ENC), γνωστοί και ως ψηφιακοί διανυσματικοί χάρτες, οπού αποτελούν τη βάση δεδομένων για τα συστήματα ηλεκτρονικής απεικόνισης χαρτών και πληροφοριών (ECDIS). Δημιουργούνται από τις αρμόδιες υδρογραφικές υπηρεσίες κάθε χώρας και πρέπει να συμμορφώνονται με τα αυστηρά πρότυπα του Διεθνούς Υδρογραφικού Οργανισμού (IHO). Οι ENC προσφέρουν σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τους παραδοσιακούς έντυπους χάρτες, όπως τη δυνατότητα ακριβούς εντοπισμού της θέσης του πλοίου σε πραγματικό

χρόνο, την αυτόματη δημιουργία διαδρομών και τη παροχή έγκαιρων ειδοποιήσεων για πιθανούς κινδύνους. Επιπλέον, μπορούν να απεικονίσουν μια ποικιλία επιπλέον πληροφοριών, όπως θαλάσσια ρεύματα, ποιότητα νερού και περιοχές με ιδιαίτερη οικολογική σημασία. Η συνεχής εξέλιξη της τεχνολογίας επιτρέπει στους ENC να ενσωματώνουν όλο και περισσότερα δεδομένα. Στο μέλλον, αναμένεται να χρησιμοποιούνται ως "βασικός χάρτης", στον οποίο θα προβάλλονται επιπλέον πληροφορίες, όπως προστατευόμενες θαλάσσιες περιοχές και προειδοποιήσεις για την ναυσιπλοΐα. Η αυξανόμενη αξιοπιστία και οι πολλές λειτουργίες των ENC έχουν οδηγήσει σε μια σημαντική μείωση της χρήσης των έντυπων χαρτών. Σύμφωνα με μελέτες, οι πωλήσεις έντυπων χαρτών σε πολλές χώρες έχουν μειωθεί δραματικά τα τελευταία χρόνια. Αυτό υποδηλώνει ότι οι ENC έχουν καταστεί το προτιμώμενο όργανο πλοήγησης για τους ναυτικούς παγκοσμίως [9].



Εικόνα 9 NOAA Paper Nautical Chart Sales 2000-2020 – NOAA [24]

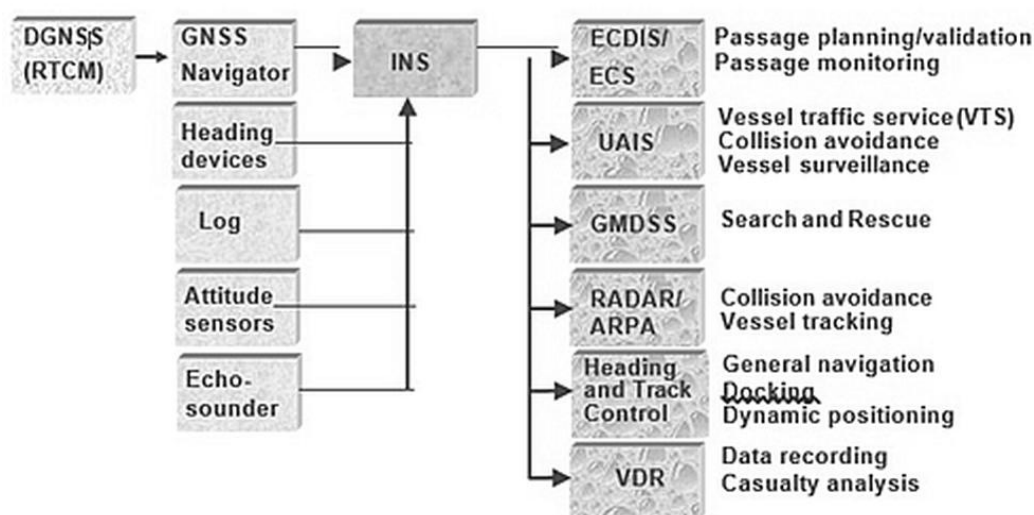
2.5 Σύστημα GNSS & Απαιτήσεις του IMO

Ο ναυτιλιακός τομέας έχει σημειώσει σημαντική πρόοδο στην αξιοποίηση των ευκαιριών που προσφέρει το GNSS. Τα συστήματα GPS και GLONASS είναι ευρέως αποδεκτά ως τα κυρίαρχα συστήματα εντοπισμού θέσης για τις περισσότερες ναυτιλιακές εφαρμογές. Η παγκόσμια διαθεσιμότητα, η υψηλή ακρίβεια και οι ταχύτατες ενημερώσεις θέσης έχουν δώσει ώθηση στην ανάπτυξη μιας ευρείας γκάμας συστημάτων και εξοπλισμού που σχετίζονται με την ασφάλεια. Αναγνωρίζοντας τη σημασία του GNSS στην παρούσα και μελλοντική ναυσιπλοΐα, ο IMO απαιτεί από όλα τα πλοία, ανεξαρτήτως μεγέθους, να είναι εξοπλισμένα με δέκτη παγκόσμιου δορυφορικού συστήματος πλοήγησης ή επίγειο σύστημα ραδιοπλοήγησης ή αυτόματο μέσο για τον προσδιορισμό της θέσης του πλοίου. Για να επιτευχθεί αυτό, το πλοίο πρέπει να διαθέτει επιπλέον κατάλληλα μέσα για συνεχή χρήση καθ' όλη τη διάρκεια του προβλεπόμενου ταξιδιού [25]. Ο IMO καθορίζει απαιτήσεις μεταφοράς μόνο για τους δέκτες πλοίου που χρησιμοποιούν τα επιτρεπόμενα στοιχεία του "Worldwide Radio Navigation System"

(WWRNS). Ο ρόλος των συστημάτων GNSS στα σύγχρονα συστήματα πλοήγησης επί του σκάφους παρουσιάζεται στο Σχήμα 1.

Τα συστήματα πλοήγησης παρέχουν κρίσιμες πληροφορίες για τη θέση, την ταχύτητα, τον χρόνο και την κατεύθυνση, οι οποίες είναι απαραίτητες για την ασφαλή πλοήγηση σκαφών. Αυτές οι πληροφορίες προέρχονται είτε απευθείας από δορυφορικά συστήματα (GNSS) είτε από ολοκληρωμένα συστήματα πλοήγησης (INS), τα οποία συνδυάζουν δεδομένα από πολλούς αισθητήρες. Ορισμένα από τα ολοκληρωμένα συστήματα που παρουσιάζονται στο Σχήμα 1 έχουν αναπτυχθεί μόλις τα τελευταία 20 χρόνια και διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στη μείωση των συγκρούσεων και των προσαράξεων.

Σκοπός του INS είναι να "προσθέσει αξία" στις λειτουργίες και τις πληροφορίες που χρειάζονται οι πλοηγοί για την παρακολούθηση, τον προγραμματισμό και τον έλεγχο της πλοήγησης των σκαφών τους. Υποστηρίζει την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας αξιολογώντας τις εισροές από μια σειρά ανεξάρτητων και διαφορετικών αισθητήρων, συνδυάζοντάς τες για να παρέχει πληροφορίες έγκαιρης προειδοποίησης σχετικά με πιθανούς κινδύνους και την απώλεια ακεραιότητας των πληροφοριών. Η παρακολούθηση της ακεραιότητας είναι μια εξειδικευμένη λειτουργία του INS.



Σχήμα 1 "Ολοκληρωμένο σύστημα πλοήγησης – περιγραφή λειτουργίας" [25]

Η αυξανόμενη εξάρτηση των συστημάτων πλοήγησης από το GNSS εγείρει σοβαρές ανησυχίες σχετικά με την ακεραιότητα, τη συνέχεια και την ευπάθεια των παρεχόμενων πληροφοριών πλοήγησης. Η ακεραιότητα αναφέρεται στην αξιοπιστία των υπολογισμένων δεδομένων θέσης, ταχύτητας και πορείας, καθώς και στην ικανότητα του συστήματος να παρέχει έγκαιρη ειδοποίηση σε περίπτωση βλάβης ή υπολειτουργίας. Υπάρχουν πολλές πιθανές αιτίες που μπορεί να οδηγήσουν σε παραπλανητικές πληροφορίες, όπως ακούσιες βλάβες στο σύστημα ή στον δέκτη, αλλά και σκόπιμες παρεμβολές ή παραποίηση του σήματος [25].

2.6 Διεθνείς κανονισμοί για αποφυγή συγκρούσεων στη θάλασσα

Οι πρώτοι κανόνες πρόληψης συγκρούσεων καταρτίστηκαν στο Ηνωμένο Βασίλειο το 1840 και εγκρίθηκαν από το Κοινοβούλιο το 1846. Λίγα χρόνια αργότερα, παρόμοιοι κανόνες υιοθετήθηκαν και από άλλες χώρες. Οι πρώτοι διεθνείς κανονισμοί τέθηκαν σε ισχύ το 1897 και επικυρώθηκαν από τα μεγαλύτερα ναυτιλιακά κράτη το 1910 ως "Κανονισμοί του 1910". Οι κανονισμοί αυτοί τροποποιήθηκαν το 1929-1948, το 1960 και το 1972 στη "Διάσκεψη του Λονδίνου για την ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής στη θάλασσα" και μετονομάστηκαν σε "Διεθνείς Κανονισμοί του 1972 για την πρόληψη των συγκρούσεων στη θάλασσα". Έκτοτε, έχουν γίνει αρκετές τροποποιήσεις, η πιο πρόσφατη το 1993. Οι νέοι Κανονισμοί και οι τροποποιήσεις τους έχουν εγκριθεί από την Ελληνική Πολιτεία με Προεδρικό Διάταγμα. Ακολουθεί περίληψη των Διεθνών Κανονισμών για την Πρόληψη Συγκρούσεων στη Θάλασσα [26].

A' ΜΕΡΟΣ - ΓΕΝΙΚΟΙ ΚΑΝΟΝΕΣ

- ΚΑΝΟΝΑΣ 1: ΕΦΑΡΜΟΓΗ (APPLICATION)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 2: ΕΥΘΥΝΗ (RESPONSIBILITY)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 3: ΟΡΙΣΜΟΙ (GENERAL DEFINITIONS)

B' ΜΕΡΟΣ – ΚΑΝΟΝΕΣ ΠΗΔΑΛΙΟΥΧΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΛΕΥΣΗΣ (STEERING AND SAILING RULES) ΣΚΑΦΩΝ ΜΕ ΟΠΟΙΕΣΔΗΠΟΤΕ ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑΣ (CONDUCT OF VESSELS IN ANY CONDITION OF VISIBILITY)

ΤΜΗΜΑ I: ΓΕΝΙΚΑ

- ΚΑΝΟΝΑΣ 4: ΕΦΑΡΜΟΓΗ (APPLICATION)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 5: ΟΡΑΤΗ ΕΠΙΤΗΡΗΣΗ (LOOK-OUT)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 6: ΑΣΦΑΛΗΣ ΤΑΧΥΤΗΤΑ (SAFE SPEED)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 7: ΚΙΝΔΥΝΟΙ ΣΥΓΚΡΟΥΣΕΩΣ (RISK OF COLLISION)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 8: ΧΕΙΡΙΣΜΟΙ ΓΙΑ ΑΠΟΦΥΓΗ ΣΥΓΚΡΟΥΣΗΣ (ACTION TO AVOID COLLISION)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 9: ΣΤΕΝΟΙ ΔΙΑΥΛΟΙ (NARROW CHANNELS)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 10: ΣΧΕΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΔΙΑΧΩΡΙΣΜΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΙΑΣ (TRAFFIC SEPARATION SCHEMES / VESSEL TRAFFIC SERVICES)

ΤΜΗΜΑ II: ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΚΑΦΩΝ ΠΟΥ ΒΡΙΣΚΟΝΤΑΙ ΣΕ ΟΠΤΙΚΗ ΕΠΑΦΗ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ (CONDUCT OF VESSELS IN SIGHT OF ONE ANOTHER)

- ΚΑΝΟΝΑΣ 11: ΕΦΑΡΜΟΓΗ (APPLICATION)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 12: ΣΚΑΦΗ ΠΟΥ ΙΣΤΙΟΠΛΟΥΝ (SAILING VESSELS)

- ΚΑΝΟΝΑΣ 13: ΣΚΑΦΟΣ ΠΟΥ ΚΑΤΑΦΘΑΝΕΙ (OVERTAKING)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 14: ΑΝΤΙΠΡΩΡΗ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ (HEAD-ON SITUATION)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 15: ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΔΙΑΣΤΑΥΡΩΣΗΣ (CROSSING SITUATION)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 16: ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ ΠΟΥ ΠΑΡΑΧΩΡΕΙ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ (ACTION BY GIVE-WAY VESSEL)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 17: ΧΕΙΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΣΚΑΦΟΥΣ ΠΟΥ ΕΧΕΙ ΠΡΟΤΕΡΑΙΟΤΗΤΑ (ACTION BY STAND-ON VESSEL)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 18: ΕΥΘΥΝΕΣ ΜΕΤΑΞΥ ΣΚΑΦΩΝ (RESPONSIBILITIES BETWEEN VESSELS)

ΤΜΗΜΑ ΙΙΙ: ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΚΑΦΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑ

- (CONDUCT OF VESSELS IN RESTRICTED VISIBILITY)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 19: ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΚΑΦΩΝ ΣΕ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑ (CONDUCT OF VESSELS IN RESTRICTED VISIBILITY)

Γ' ΜΕΡΟΣ: ΦΩΤΑ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑΤΑ (LIGHTS AND SHAPES)

- ΚΑΝΟΝΑΣ 20: ΕΦΑΡΜΟΓΗ (APPLICATION)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 21: ΟΡΙΣΜΟΙ (DEFINITIONS)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 22: ΟΡΑΤΟΤΗΤΑ ΦΩΤΩΝ (VISIBILITY OF LIGHTS)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 23: ΜΗΧΑΝΟΚΙΝΗΤΑ ΣΚΑΦΗ ΕΝ ΠΛΩ (POWER-DRIVEN VESSELS UNDERWAY)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 24: ΡΥΜΟΥΛΚΗΣΗ ΚΑΙ ΩΘΗΣΗ (TOWING AND PUSHING)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 25: ΣΚΑΦΗ ΠΟΥ ΙΣΤΙΟΠΛΟΥΝ ΚΑΙ ΚΩΠΗΛΑΤΑ ΣΚΑΦΗ (SAILING VESSELS UNDERWAY AND VESSELS UNDER OARS)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 26: ΣΚΑΦΗ ΠΟΥ ΑΛΙΕΥΟΥΝ (FISHING VESSELS)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 27: ΣΚΑΦΗ ΑΚΥΒΕΡΝΗΤΑ Ή ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗΣ ΙΚΑΝΟΤΗΤΑΣ ΧΕΙΡΙΣΜΩΝ (VESSELS NOT UNDER COMMAND OR RESTRICTED IN THEIR ABILITY TO MANEUVER)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 28: ΣΚΑΦΗ ΠΟΥ ΕΜΠΟΔΙΖΟΝΤΑΙ ΑΠΟ ΤΟ ΒΥΘΙΣΜΑΤΟΥΣ (VESSELS CONSTRAINED BY THEIR DRAFT)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 29: ΣΚΑΦΗ ΠΛΟΗΓΩΝ (PILOT VESSELS)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 30: ΣΚΑΦΗ ΑΓΚΥΡΟΒΟΛΗΜΕΝΑ ΚΑΙ ΣΚΑΦΗ ΠΡΟΣΑΡΑΓΜΕΝΑ (ANCHORED VESSELS AND VESSELS AGROUND)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 31: ΥΔΡΟΠΛΑΝΑ (SEAPLANES)

Δ' ΜΕΡΟΣ – ΗΧΗΤΙΚΑ ΚΑΙ ΦΩΤΕΙΝΑ ΣΗΜΑΤΑ (SOUND AND LIGHT SIGNALS)

- ΚΑΝΟΝΑΣ 32: ΟΡΙΣΜΟΙ (DEFINITIONS)

- ΚΑΝΟΝΑΣ 33: ΣΥΣΚΕΥΕΣ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ (EQUIPMENT FOR SOUND SIGNALS)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 34: ΣΗΜΑΤΑ ΧΕΙΡΙΣΜΩΝ ΚΑΙ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ (MANEUVERING AND WARNING SIGNALS)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 35: ΗΧΗΤΙΚΑ ΣΗΜΑΤΑ ΣΕ ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗ ΟΡΑΤΟΤΗΤΑ (SOUND SIGNALS IN RESTRICTED VISIBILITY)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 36: ΣΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΠΡΟΣΕΛΚΥΣΗ ΤΗΣ ΠΡΟΣΟΧΗΣ (SIGNALS TO ATTRACT ATTENTION)
- ΚΑΝΟΝΑΣ 37: ΣΗΜΑΤΑ ΚΙΝΔΥΝΟΥ (DISTRESS SIGNALS)

Ε' ΜΕΡΟΣ - ΕΞΑΙΡΕΣΕΙΣ (EXEMPTIONS)

- ΚΑΝΟΝΑΣ 38 : ΕΞΑΙΡΕΣΕΙΣ (EXEMPTIONS)
- ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ I: ΤΟΠΟΘΕΤΗΣΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΦΑΝΩΝ ΚΑΙ ΣΧΗΜΑΤΩΝ (POSITIONING AND TECHNICAL DETAILS OF LIGHTS AND SHAPES)
- ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ II: ΕΠΙΠΡΟΣΘΕΤΑ ΣΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΑΛΙΕΥΤΙΚΑ ΣΚΑΦΗ ΠΟΥ ΑΛΙΕΥΟΥΝ ΣΕ ΜΙΚΡΕΣ ΑΠΟΣΤΑΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΟΥΣ (ADDITIONAL SIGNALS FOR FISHING VESSELS FISHING IN CLOSE PROXIMITY)
- ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ III: ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΛΕΠΤΟΜΕΡΕΙΕΣ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ ΗΧΗΤΙΚΩΝ ΣΗΜΑΤΩΝ (TECHNICAL DETAILS OF SOUND SIGNAL APPLIANCES)
- ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ IV: ΣΗΜΑΤΑ ΚΙΝΔΥΝΟΥ (DISTRESS SIGNALS)

2.7 Παγκόσμια συστήματα εντοπισμού θέσης – Ενεργειακή πλοήγηση

Σε προηγούμενη ενότητα αναφέρθηκε ένα από τα τρία παγκόσμια συστήματα πλοήγησης, το GPS. Ωστόσο, εκτός αυτού, υπάρχουν και κάποια ακόμη που αξίζει να αναφερθούν. Τα παγκόσμια δορυφορικά συστήματα πλοήγησης (GNSS) είναι τα εξής:

A. Global Positioning System (GPS) – Αμερική

Το GPS είναι ένα παθητικό δορυφορικό σύστημα παντός καιρού που σχεδιάστηκε και αναπτύχθηκε από το Υπουργείο Άμυνας των ΗΠΑ για την κάλυψη των αναγκών των στρατιωτικών μονάδων για τον συνεχή και ακριβή προσδιορισμό της θέσης, της ταχύτητας και του χρόνου σε ένα παγκόσμιο σύστημα αναφοράς οπουδήποτε στη Γη ή κοντά σε αυτή (αεροσκάφη, δορυφόροι κ.λπ.), υπό την προϋπόθεση ότι δεν υπάρχουν παρεμβολές μεταξύ του

χρήστη και του δορυφόρου. Το σύστημα έχει σχεδιαστεί για να ικανοποιεί αυτές τις απαιτήσεις, παρέχοντας συνεχή και ακριβή προσδιορισμό της θέσης, της ταχύτητας και του χρόνου σε ένα παγκόσμιο σύστημα αναφοράς [27].

Το GPS αποτελείται από τρία μέρη:

1. Τμήμα του Διαστήματος: Αποτελείται από ένα σύνολο δορυφόρων που βρίσκονται σε τροχιά γύρω από τη Γη.
2. Τμήμα Επίγειου Ελέγχου: Αποτελείται από ένα δίκτυο επίγειων σταθμών που παρακολουθούν και ελέγχουν τη λειτουργία των δορυφόρων. Οι σταθμοί αυτοί διασφαλίζουν την ακρίβεια των σημάτων και την ομαλή λειτουργία ολόκληρου του συστήματος.
3. Τμήμα Χρήστη: Αποτελείται από τις συσκευές GPS που χρησιμοποιούν οι χρήστες για να προσδιορίσουν τη γεωγραφική τους θέση. Οι συσκευές αυτές δέχονται τα σήματα των δορυφόρων και, με τη βοήθεια κατάλληλων αλγορίθμων, υπολογίζουν τις συντεταγμένες του χρήστη.

B. Global Navigation Satellite System (GLONASS) – Ρωσία

Την ίδια εποχή με το GPS, η πρώην Σοβιετική Ένωση δημιούργησε ένα παρόμοιο σύστημα εντοπισμού θέσης με την ονομασία GLONASS. Αρχικά, όπως και το GPS, το σύστημα αυτό είχε στρατιωτικό χαρακτήρα και εξυπηρετούσε τις ανάγκες της πρώην ΕΣΣΔ και των συμμάχων της. Με την κατάρρευση της Σοβιετικής Ένωσης και τις αλλαγές σε πολιτικό επίπεδο, η χρήση του συστήματος GLONASS άρχισε να ξεπερνά τα σύνορα της ΕΣΣΔ.

Το σύστημα GLONASS έχει σχεδιαστεί με τρία τροχιακά επίπεδα και σήμερα έχει 12 δορυφόρους σε τροχιά και είναι πλήρως λειτουργικό. Τα τελευταία χρόνια έχουν καταβληθεί σημαντικές προσπάθειες για τη συνεργασία των συστημάτων GPS και GLONASS, με στόχο την αύξηση της κάλυψης και της ακρίβειας των υπηρεσιών εντοπισμού θέσης. Όταν τα δύο συστήματα λειτουργούν παράλληλα, οι χρήστες μπορούν να λαμβάνουν σήμα από μεγαλύτερο αριθμό δορυφόρων, βελτιώνοντας έτσι την ποιότητα των υπηρεσιών, ιδίως σε περιοχές με περιορισμένη ορατότητα των δορυφόρων GPS.

Designation	Frequency	Description
L1	1598.0625–1609.3125 MHz	L1 is modulated by the HP (High Precision) and the SP (Standard Precision) signals.
L2	1242.9375–1251.6875 MHz	L2 is modulated by the HP and SP signals. The SP code is identical to that transmitted on L1.
L3OC	1202.025 MHz	L3 is a civilian signal based on CDMA.

Σχήμα 2 "Χαρακτηριστικά σήματος GLONASS" [28]

Η συμβατότητα των συστημάτων GPS και GLONASS επιτυγχάνεται παρά τις διαφορετικές τεχνολογίες που χρησιμοποιούν. Το GPS και το Galileo, το ευρωπαϊκό σύστημα δορυφορικής πλοήγησης, χρησιμοποιούν την τεχνολογία CDMA (Code Division Multiple Access), ενώ το GLONASS χρησιμοποιεί την τεχνολογία FDMA (Frequency Division Multiple Access). Παρόλα αυτά, οι δύο τεχνολογίες είναι συμβατές, επιτρέποντας στους σύγχρονους δέκτες να επεξεργάζονται σήματα και από τα δύο συστήματα. [27].

Γ. GALILEO – Ευρώπη

Το Galileo είναι ένα σύστημα παγκόσμιας δορυφορικής πλοήγησης που αναπτύχθηκε από την Ευρωπαϊκή Ένωση. Η Ομάδα Εργασίας Σήματος Galileo (STF, Task Force Galileo Signal) είναι υπεύθυνη για τον σχεδιασμό της δομής των σημάτων του συστήματος, τα οποία παρέχουν πληροφορίες για τον ακριβή προσδιορισμό γεωγραφικής θέσης. Η STF αποτελείται από εμπειρογνώμονες που διορίζονται από τα κράτη μέλη της Ευρωπαϊκής Ένωσης, επίσημους εκπροσώπους των εθνικών αρχών καθώς και από εμπειρογνώμονες του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Διαστήματος [27]. Η Ευρωπαϊκή Ένωση προσφέρει επίσης υπηρεσίες έρευνας και διάσωσης μέσω του συστήματος Galileo, πέρα από τις παρακάτω υπηρεσίες πλοήγησης:

- Ανοικτό Σύστημα (OS, Open System): Παρέχει σήματα εντοπισμού θέσης και συγχρονισμού, προσβάσιμα σε κάθε χρήστη με κατάλληλο δέκτη χωρίς ανάγκη εξουσιοδότησης.
- Υπηρεσίες Safety of Life (SOL): Αποσκοπούν στην ενίσχυση της δημόσιας ασφάλειας με την παροχή πιστοποιημένων επιδόσεων εντοπισμού θέσης, συμπεριλαμβανομένης της χρήσης πιστοποιημένων δεκτών πλοήγησης.
- Εμπορική Υπηρεσία (CS): Παρέχει υπηρεσίες υψηλής αξίας για εφαρμογές που απαιτούν περισσότερα από τις βασικές λειτουργίες του συστήματος.
- Δημόσιες Ρυθμιζόμενες Υπηρεσίες (PRS): Υπηρεσίες ελέγχου πρόσβασης για κυβερνητικές εφαρμογές, που χρησιμοποιούν κρυπτογραφημένα σήματα.
- Έρευνα και Διάσωση (SAR): Συμβάλλει στις διεθνείς δραστηριότητες ανθρωπιστικής έρευνας και διάσωσης παρέχοντας λήψη μηνυμάτων κινδύνου και ακριβή εντοπισμό σε πραγματικό χρόνο.

Αυτές οι υπηρεσίες έχουν σχεδιαστεί για να καλύψουν διάφορες ανάγκες χρηστών και εφαρμογών, από την απλή πλοήγηση έως την ενίσχυση της ασφάλειας και την ανθρωπιστική διάσωση.

2.8 Ωκεανογραφικά Radar επιφανειακών κυμάτων HF για θαλάσσια επιτήρηση

Το Ραντάρ υψηλής συχνότητας (HF) είναι γνωστό για την ικανότητά του να καταγράφει την ταχύτητα και την κατεύθυνση των επιφανειακών ρευμάτων σε πραγματικό χρόνο με υψηλή χωρική και χρονική ανάλυση, η οποία μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διάφορες υδρογραφικές

εφαρμογές. Τα δεδομένα που παρέχει αυτό το Ραντάρ είναι απαραίτητα για διάφορους τομείς, όπως η θαλάσσια ασφάλεια, η θαλάσσια οικολογία, η ναυτιλία και η αλιεία.

Ένα συγκεκριμένο παράδειγμα είναι το Ραντάρ υψηλής συχνότητας WERA (Wellen Radar) που έχει εγκατασταθεί στην ανατολική ακτή της Λήμνου από το Πανεπιστήμιο Αιγαίου και το Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών. Αυτό το σύστημα, γνωστό ως "Δάρδανος", έχει σημαντική συμβολή στον προσδιορισμό των θαλάσσιων ρευμάτων και τη διαχείριση των σχετικών πληροφοριών στην περιοχή, επιτρέποντας την παρακολούθηση της κυκλοφορίας υδάτων από τη Μαύρη Θάλασσα προς το Αιγαίο Πέλαγος. Η παρακολούθηση αυτή είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση της υδροδυναμικής κατάστασης της περιοχής και για την κατανόηση των επιπτώσεων της σε ποικίλους τομείς, όπως η παραγωγή, η ποιότητα του θαλάσσιου περιβάλλοντος και η ναυσιπλοΐα.

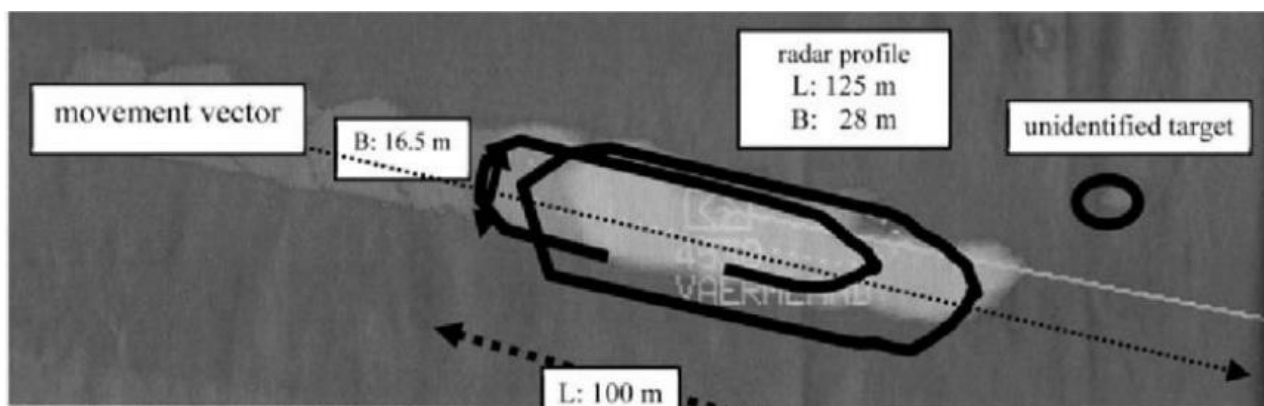
Τέλος, η διαχείριση του τεράστιου όγκου δεδομένων που παρέχονται από αυτά τα συστήματα απαιτεί πολυεπίπεδες αρχιτεκτονικές, οι οποίες διασφαλίζουν την παροχή σαφών και ακριβών πληροφοριών σε πραγματικό χρόνο για μεγάλες περιοχές. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί μέσω της συλλογής και ανάλυσης δεδομένων από διάφορους αισθητήρες, με κατηγοριοποίηση των δεδομένων σε υψηλής και χαμηλής ανάλυσης, προσφέροντας μια ολοκληρωμένη εικόνα της θαλάσσιας περιοχής, η οποία ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις των διάφορων τομέων χρήσης [29].

2.9 Συγχώνευση Δεδομένων AIS και Ραντάρ

Η ανάγκη ενσωμάτωσης των δεδομένων από τα συστήματα AIS και Ραντάρ προκύπτει από τις διαφορετικές, αλλά συμπληρωματικές, πληροφορίες που παρέχουν. Το Σχήμα 10 παρουσιάζει ένα στιγμιότυπο οθόνης του συστήματος VTS στο Αμβούργο, το οποίο απεικονίζει εν συντομία τις κύριες διαφορές μεταξύ των δύο συστημάτων.

Οι πλοηγοί αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της διαχείρισης δύο διαφορετικών διανυσμάτων κίνησης για τον ίδιο στόχο: ένα που προκύπτει από τα δεδομένα AIS και ένα άλλο που υπολογίζεται από το Ραντάρ και τις μετρήσεις απόστασης. Και τα δύο διανύσματα είναι δισδιάστατα, αλλά παρουσιάζουν διαφορές που οφείλονται στις ιδιαιτερότητες των συστημάτων. Αυτό το ζήτημα αποτελεί κεντρικό σημείο της συγχώνευσης αισθητήρων.

Υπάρχουν δύο βασικές προσεγγίσεις για τη συγχώνευση δεδομένων από AIS και Ραντάρ: η αποκεντρωμένη και η κεντρική. Στην αποκεντρωμένη προσέγγιση, η επεξεργασία των δεδομένων γίνεται αρχικά σε κάθε αισθητήρα και στη συνέχεια τα αποτελέσματα συνδυάζονται. Στην κεντρική προσέγγιση, οι αρχικές μετρήσεις από τους αισθητήρες αποστέλλονται σε μια κεντρική μονάδα για επεξεργασία.



Εικόνα 10 Ασυμφωνίες μεταξύ Ραντάρ και εικόνων AIS [19]

Στην περίπτωση του ECDIS, το Ραντάρ και το AIS είναι απλώς εξωτερικές πηγές δεδομένων και δεν χρειάζεται να δημιουργηθούν πρόσθετα φίλτρα στο ECDIS για την κεντρική συγχώνευση. Οι αποκεντρωμένες προσεγγίσεις, που βασίζονται σε φίλτρα Kalman, είναι οι πιο συνηθισμένες στη βιβλιογραφία. Το πρώτο βήμα όλων των αλγορίθμων σύντηξης είναι η συσχέτιση των στόχων, η οποία συνήθως αποτελεί τη μεγαλύτερη πρόκληση [19].

3

Χρήση Συστημάτων ECDIS και ENC

Η ενότητα αυτή αποτελεί μια εισαγωγή στη χρήση των συστημάτων ECDIS και ENC στον τομέα της θαλάσσιας ναυτιλίας. Αναλύονται οι λειτουργίες και οι δυνατότητες αυτών των συστημάτων, καθώς και οι σχετικοί κανόνες και οδηγίες που αφορούν τη χρήση τους. Ξεκινώντας με το σύστημα ECDIS, αναλύονται οι λειτουργίες εμφάνισης ηλεκτρονικών χαρτών, ο σχεδιασμός της ανοιχτής αρχιτεκτονικής του συστήματος, καθώς και οι λειτουργικές δυνατότητες που προσφέρει. Επίσης, εξετάζεται η συμβολή του στην αξιοπιστία μέσω του μοντέλου Markov, καθώς και οι ρυθμίσεις ασφαλείας και η διαχείριση έκτακτων καταστάσεων. Επιπλέον, εξετάζονται οι κίνδυνοι που συνδέονται με την υπερβολική εξάρτηση στην τεχνολογία ECDIS και ο σχεδιασμός και η παρακολούθηση διαδρομών για πλοία μέσω αυτού του συστήματος. Στη συνέχεια, εξετάζεται το σύστημα ENC και η διαχείριση δεδομένων ENC πολλαπλής κλίμακας σε θαλάσσιες περιοχές, καθώς και η προστασία και οι κίνδυνοι που σχετίζονται με τα δεδομένα ENC για την ασφαλή πλοήγηση. Τέλος, αναλύεται η ασφαλής θαλάσσια πλοήγηση βάσει των Διεθνών Κανονισμών για την Αποφυγή Συγκρούσεων στη Θάλασσα (COLREGS), με χρήση εμποδίων για τη ρύθμιση της ταχύτητας, ενώ εξετάζεται η σημασία της συμμόρφωσης με τους διεθνείς κανονισμούς και η χρήση συστημάτων όπως το ECDIS για την αποτελεσματική εφαρμογή τους.

3.1 Σύστημα ECDIS

Το ECDIS (Electronic Chart Display and Information System) είναι ένα ηλεκτρονικό σύστημα πλοήγησης που συμμορφώνεται με τους κανονισμούς του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού και αντικαθιστά σταδιακά τους έντυπους ναυτικούς χάρτες.

Το ECDIS είναι ένα σύστημα που εμφανίζει τα ναυτιλιακά βοηθήματα, τον εξοπλισμό και τα όργανα, όπως το GPS και το RADAR, σε μια κεντρική οθόνη και αποτελεί μια εναλλακτική λύση στην παραδοσιακή μέθοδο χρήσης έντυπων ναυτικών χαρτών στις γέφυρες των πλοίων [30].



Εικόνα 11 ECDIS - Το σημείο κλειδί της σωστής πλοήγησης ενός πλοίου [31]

3.1.1 Λειτουργίες εμφάνισης ηλεκτρονικού γραφήματος

Κατά την αρχική φόρτωση του ENC, το ECDIS εμφανίζει μια τυπική οθόνη. Ο Ηλεκτρονικός Πλοηγικός Χάρτης Συστήματος (SENC) είναι μια βάση δεδομένων ENC που ενημερώνεται τόσο χειροκίνητα όσο και αυτόματα και χρησιμοποιείται από το ECDIS για τη δημιουργία ναυτιλιακών ενδείξεων. Είναι πανομοιότυπο με ένα ναυτικό χάρτη και το SENC μπορεί να περιλαμβάνει πρόσθετες πληροφορίες από άλλες πηγές. Το επίπεδο και ο τύπος των πληροφοριών που εμφανίζονται μπορούν να αλλάξουν από τον χειριστή ανάλογα με τους περιορισμούς της βάσης δεδομένων εικόνας. Η βάση δεδομένων εικόνας είναι το ελάχιστο επίπεδο πληροφοριών SENC που απαιτείται ανά πάσα στιγμή σε όλες τις γεωγραφικές περιοχές και καταστάσεις. Η βάση δεδομένων εικόνας δεν είναι επαρκής για την αυτόνομη πλοήγηση [32].

Υπάρχουν δύο τύποι ηλεκτρονικών χαρτών πλοήγησης: εκείνοι που έχουν τη μορφή Raster και εκείνοι που έχουν τη μορφή Vector. Οι ναυτικοί χάρτες Raster είναι χάρτες που συμμορφώνονται με τις προδιαγραφές του IHO και παράγονται με τη μετατροπή έντυπων χαρτών σε ψηφιακές εικόνες μέσω σαρωτή. Η εικόνα είναι παρόμοια με εκείνη μιας ψηφιακής φωτογραφικής μηχανής και μπορεί να μεγεθυνθεί για να παρέχει λεπτομερέστερες πληροφορίες. Η ειδική έκδοση S-61 της IHO παρέχει κατευθυντήριες γραμμές για την προετοιμασία δεδομένων Raster. Το ψήφισμα MSC 86(70) του IMO ορίζει ότι για τα δεδομένα Raster πρέπει να χρησιμοποιείται εξοπλισμός ECDIS [33].

3.1.2 Κανόνες και εφαρμογή εργαλείου

Το ECDIS είναι ένα σύστημα ναυτικών χαρτών και πληροφοριών που έχει πιστοποιηθεί ότι συμμορφώνεται με τους συμβατικούς χάρτες που απαιτούνται από τον κανονισμό V/20 της σύμβασης SOLAS του 1974 του IMO. Οι απαιτήσεις επιδόσεων για το ECDIS καθορίζονται αποκλειστικά από τον IMO [33].

3.1.3 Λόγοι χρήσης συστήματος ECDIS

Το ECDIS είναι ένα υπερσύγχρονο σύστημα που εμφανίστηκε τα τελευταία οκτώ χρόνια στις γέφυρες των πλοίων. Αποτελεί αναμφίβολα μια μεγάλη ανακάλυψη, καθώς αποτελεί ένα πολύτιμο εργαλείο για τους αξιωματικούς μιας γέφυρας. Το ECDIS ήρθε για να αντικαταστήσει τους κλασικούς χάρτες και να προσφέρει ένα πλήθος σημαντικών πληροφοριών σε μια ενιαία οθόνη. Επομένως, είναι εύκολο να αντιληφθεί κανείς ότι τα πλεονεκτήματά του είναι πολλά. Αρχικά, συμβάλλει στη βελτίωση της ασφάλειας της ναυσιπλοΐας, αποτρέποντας συγκρούσεις και καθοδηγώντας το πλοίο με ακρίβεια σύμφωνα με την εκτιμώμενη πορεία. Οι χάρτες που εμπεριέχει ανανεώνονται αυτόματα και με μεγάλη ακρίβεια. Ως αποτέλεσμα, είναι πιο οικονομικό σε σχέση με τα προηγούμενα μοντέλα. Αυτό συμβαίνει επειδή το ECDIS είναι ψηφιακό και δεν απαιτεί κατανάλωση χαρτιού, αλλά μόνο παροχή ηλεκτρικού ρεύματος. Επιπλέον, το ECDIS απαιτεί λιγότερο χρόνο για την ενημέρωση των χαρτών και προσφέρει τη δυνατότητα στο πλήρωμα να παρακολουθεί άμεσα πολλές πληροφορίες ταυτόχρονα, εξοικονομώντας έτσι χρόνο. Τέλος, το ECDIS συμβάλλει στην εξοικονόμηση χώρου, καθώς όλες οι πληροφορίες αποθηκεύονται στη μνήμη του συστήματος και δεν καταλαμβάνουν τον ίδιο χώρο με τους έντυπους χάρτες [33].

3.1.4 Λειτουργικές δυνατότητες ECDIS

Υπάρχουν δύο τύποι ECDIS. Ο πρώτος είναι η αυτόνομη κονσόλα ECDIS και ο δεύτερος είναι ενσωματωμένος στην κονσόλα ναυσιπλοΐας της γέφυρας. Το δεύτερο σύστημα είναι πιο συνηθισμένο σε νεότερα πλοία. Οι λειτουργικές δυνατότητες του ECDIS είναι αρκετά προηγμένες και χρήσιμες. Αρχικά, το ECDIS προσφέρει την προβολή και επεξεργασία ηλεκτρονικών χαρτών vector ή raster το οποίο είναι και ο βασικότερος ρόλος του. Στη συνέχεια, έχει την δυνατότητα δημιουργίας αρχείου χαρτών και διαχείρισής τους. Έπειτα όπως ειπώθηκε και παραπάνω, το σύστημα έχει την δυνατότητα για άμεσες διορθώσεις και ενημέρωση χαρτών, όταν υπάρχουν αντίστοιχες διαθέσιμες ενημερώσεις.

Το ECDIS επίσης, εκτός από την προβολή χαρτών προσφέρει και την δυνατότητα προβολής λεπτομερειών κάθε αντικειμένου επί του χάρτη, όπως για παράδειγμα φάρους, σηματοδότες καθώς και άλλα δεδομένα. Επιπλέον, προβάλλει την ακριβή θέση του πλοίου που παρέχει το GPS και παράλληλα διαθέτει συναγερμό ασφαλείας για ενδεχόμενο κίνδυνο προσάραξης/ σύγκρουσης, ο οποίος γίνεται αντιληπτός με οπτικά και ηχητικά μέσα. Τέλος, επιτρέπει την αυτόματη σχεδίαση και παρακολούθηση διαδρομής, με τη χρήση σημείων αναφοράς (waypoints) [32].

3.1.5 Σχεδιασμός ανοιχτής αρχιτεκτονικής συστήματος ECDIS

Υπάρχουν δύο τύποι δεδομένων ηλεκτρονικού χάρτη. Ο πιο συνηθισμένος είναι ο διανυσματικός χάρτης. Οι διανυσματικοί χάρτες είναι γραφικές βάσεις δεδομένων τυποποιημένες ως προς το περιεχόμενο, τη δομή και τη μορφή για το ECDIS και δημοσιεύονται για χρήση στο ECDIS υπό την εποπτεία μιας εξουσιοδοτημένης από την κυβέρνηση υδρογραφικής υπηρεσίας. Οι ENC περιέχουν όλες τις πληροφορίες του χάρτη που είναι απαραίτητες για την ασφαλή ναυσιπλοΐα και μπορεί να περιέχουν πρόσθετες πληροφορίες πέραν αυτών που περιέχονται στο χάρτη. Αυτές οι πρόσθετες πληροφορίες θεωρούνται απαραίτητες για την ασφαλή ναυσιπλοΐα και μπορούν να εμφανίζονται απρόσκοπτα μαζί. Τα ENC είναι ευφυή, διότι τα συστήματα που χρησιμοποιούν ENC μπορούν να προγραμματιστούν ώστε να προειδοποιούν για επικείμενο κίνδυνο σε σχέση με τη θέση και την κίνηση του σκάφους [33].

3.1.6 Ναυτικά ηλεκτρονικά όργανα και συστήματα χάρτη ECDIS

Τα συστήματα πλοήγησης που συνδέονται με ηλεκτρονικά συστήματα απεικόνισης χαρτών και πληροφοριών (ECDIS), όπως περιγράφονται στο Electronic Navigational Charts: International Standards and Map projections [32], απαριθμούνται κατωτέρω:

1. **ARPA / Radar:** Πρόκειται για μια συμπληρωματική λειτουργία του Ραντάρ που έχει την ικανότητα να δημιουργεί προβλέψεις διαδρομής χρησιμοποιώντας τα στοιχεία του Ραντάρ. Το σύστημα μπορεί να υπολογίσει όχι μόνο την πορεία του αντικειμένου που παρακολουθείται, αλλά και την ταχύτητά του, καθώς και το πλησιέστερο σημείο προσέγγισης και τον αντίστοιχο χρόνο, ώστε να αποφευχθεί σύγκρουση με άλλο πλοίο ή την ξηρά.
2. **Gyrocompass:** Η γυροσκοπική πυξίδα είναι ένας τύπος μη μαγνητικής πυξίδας που βασίζεται σε έναν δίσκο που περιστρέφεται με μεγάλη ταχύτητα σε σχέση με την περιστροφή της Γης και καθορίζει αυτόματα τις γεωγραφικές κατευθύνσεις. Η γυροσκοπική πυξίδα χρησιμοποιείται ευρέως στη θαλάσσια ναυσιπλοΐα επειδή έχει δύο σημαντικά πλεονεκτήματα σε σχέση με τις μαγνητικές πυξίδες: *α)* Μπορεί να βρει τον πραγματικό βορρά, ο οποίος καθορίζεται από τον άξονα περιστροφής της Γης, σε αντίθεση με τον μαγνητικό βορρά. *β)* Δεν επηρεάζεται από σιδηρομαγνητικά υλικά όπως ο χάλυβας που παραμορφώνουν το μαγνητικό πεδίο.
3. **Αυτόματος πιλότος:** Πρόκειται για ένα σύνθετο σύστημα πλοήγησης που αποτελείται από διάφορους αισθητήρες και υπολογιστές. Στόχος του είναι να διατηρεί αυτόματα το πλοίο στην επιθυμητή πορεία και ταχύτητα, μειώνοντας την ανάγκη συνεχούς ανθρώπινης παρέμβασης. Οι σύγχρονοι αυτόματοι πιλότοι είναι εξοπλισμένοι με προηγμένους αλγόριθμους που τους επιτρέπουν να προσαρμόζονται σε διαφορετικές θαλάσσιες συνθήκες και να εκτελούν ποικίλους χειρισμούς πλοήγησης με ακρίβεια και ασφάλεια.
4. **Speed Log:** Πρόκειται για μια ηλεκτρονική συσκευή που χρησιμοποιείται για τη μέτρηση της ταχύτητας ενός πλοίου εν κινήσει. Υπάρχουν διάφοροι τύποι ημερολογίων ταχύτητας

που βασίζονται σε διαφορετικές τεχνολογίες, όπως η ηλεκτρομαγνητική επαγωγή ή το φαινόμενο Doppler.

5. **GPS / DGPS:** Για το GPS μιλήσαμε σε προηγούμενη ενότητα κι αφορά μία δημόσια υπηρεσία των Ηνωμένων Πολιτειών που παρέχει στους χρήστες τοποθέτηση πάνω στον χάρτη, πλοήγηση και υπηρεσίες χρονισμού. Το DGPS (Differential Global Positioning System), είναι μια επέκταση του GPS που βελτιώνει σημαντικά την ακρίβεια της θέσης. Ενώ το GPS προσφέρει ακρίβεια περίπου 15 μέτρων, το DGPS μπορεί να φτάσει σε ακρίβεια έως και 10 εκατοστών σε ιδανικές συνθήκες.
6. **Echosounder:** ένας τύπος SONAR (Sound Direction Finding and Ranging) που στέλνει ηχητικούς παλμούς κάτω από το νερό για να μετρήσει το βάθος του νερού. Ο χρόνος που χρειάζονται τα κύματα για να ανακλαστούν από τον πυθμένα και να επιστρέψουν στον αισθητήρα χρησιμοποιείται, σε συνδυασμό με την γνωστή ταχύτητα διάδοσης του ήχου στο νερό, για τον υπολογισμό του βάθους.
7. **Μετεωρολογικός σταθμός πλοίου:** Είναι μια συσκευή που τοποθετείται στα πλοία και καταγράφει τις καιρικές συνθήκες στη θάλασσα σε πραγματικό χρόνο. Τυπικά, περιλαμβάνει ανεμόμετρο για την μέτρηση της ταχύτητας του ανέμου, ανεμοδείκτη για την ένδειξη της κατεύθυνσης του ανέμου, θερμομέτρο και υγρόμετρο για την καταγραφή της θερμοκρασίας και της υγρασίας, αντίστοιχα, καθώς και βροχόμετρο για την μέτρηση της βροχόπτωσης.

3.1.7 Συμβολή στην αξιοπιστία ECDIS μέσω του μοντέλου “Markov”

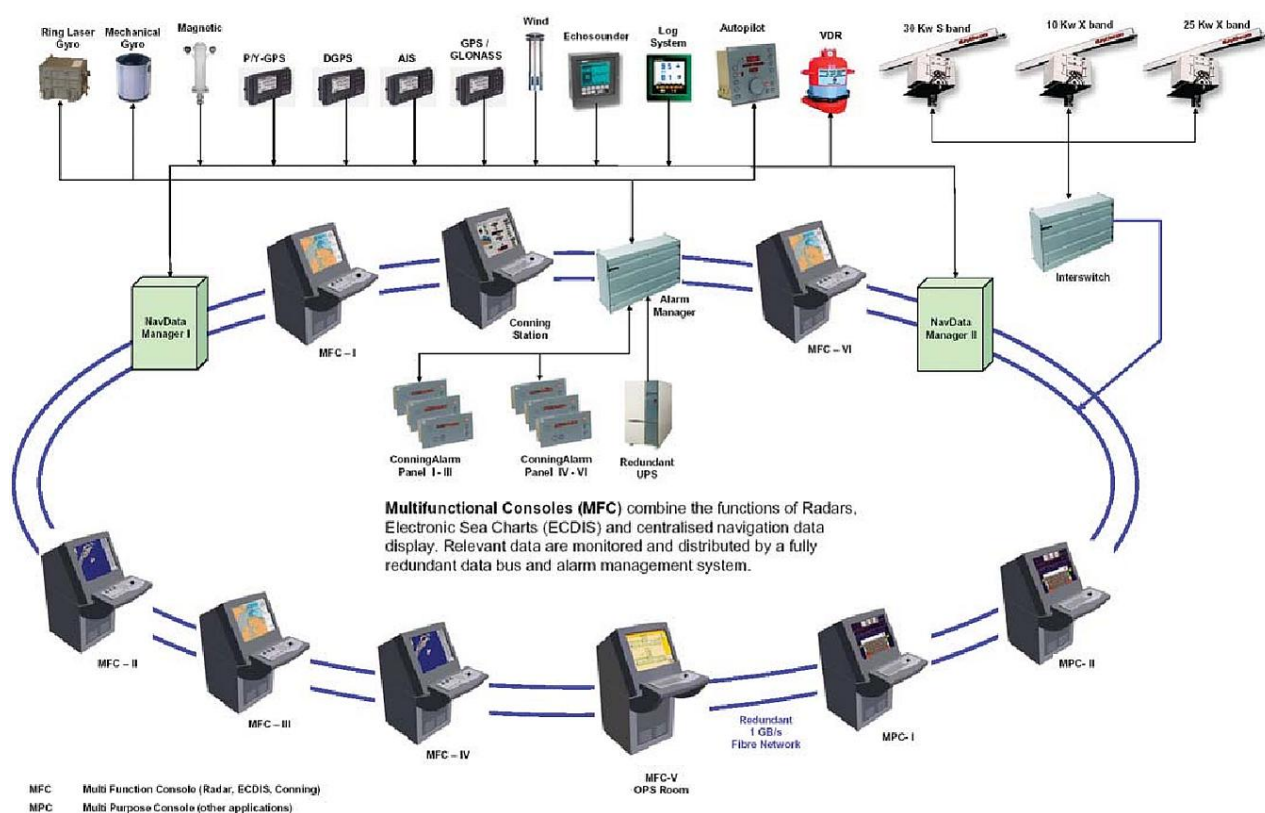
Από τον Ιούλιο του 2012, τα πλοία όλων των τύπων και μεγεθών είναι υποχρεωτικά εξοπλισμένα με ECDIS ως κύριο σύστημα πλοήγησης. Αυτή η υποχρεωτικότητα σημαίνει ότι όλα τα πλοία πρέπει πλέον να διαθέτουν ECDIS. Κάθε φορά που εγκαθίσταται νέος εξοπλισμός στο πλοίο, απαιτείται η άμεση και λεπτομερής ενημέρωση καθώς και η συστηματική εκπαίδευση του πληρώματος από τους αρμόδιους, προκειμένου να εξασφαλιστεί η σωστή και αποτελεσματική χρήση του. Η πολυετής πλέον εφαρμογή του ECDIS, ιδιαίτερα από το 2012 και έπειτα, έχει αποδείξει καταλυτική τη συμβολή του στην ενίσχυση της ασφάλειας των πλοίων και στην βελτίωση της αποτελεσματικότητας της ναυσιπλοΐας [34].

Το ECDIS, σύμφωνα με τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) και το ψήφισμα A.817(19), ορίζεται ως εξής: "Ηλεκτρονικό σύστημα απεικόνισης χαρτών και πληροφοριών (ECDIS) σημαίνει ένα σύστημα πληροφοριών ναυσιπλοΐας το οποίο έχει διαπιστωθεί ότι είναι συμβατό με τους τρέχοντες χάρτες που απαιτούνται από τους κανονισμούς V/19 και V/27 της σύμβασης SOLAS του 1974 με κατάλληλες εφεδρικές ρυθμίσεις. Το ECDIS είναι ένα συμβατό με το IHO/IMO ηλεκτρονικό σύστημα διανυσματικών χαρτών ναυσιπλοΐας (ENC), καθώς και με τα Raster Sea Charts (ARCS)"

Με βάση με τα πρότυπα του IMO, το ECDIS επιβάλλεται να συνδέεται με τα συστήματα του πλοίου που παρέχουν συνεχείς πληροφορίες θέσης, κατεύθυνσης και ταχύτητας. Οι ναυτικοί δεν πρέπει να βασίζονται αποκλειστικά στον εντοπισμό θέσης GPS όταν υπάρχουν διαθέσιμες

εναλλακτικές μέθοδοι εντοπισμού καθώς το GPS υπόκειται σε μια ποικιλία διαφορετικών σφαλμάτων. Το ECDIS αποτελείται από τρία βασικά μέρη: εξοπλισμό, λογισμικό και βάση δεδομένων και είναι το πιο σύνθετο και εξελιγμένο σύστημα ναυσιπλοΐας που υπάρχει σήμερα, ικανό να εμφανίζει όλες τις πληροφορίες χάρτη που είναι απαραίτητες για ασφαλή και αποτελεσματική ναυσιπλοΐα.

Τα ηλεκτρονικά συστήματα πλοήγησης δεν παρέχουν απόλυτη εγγύηση ασφάλειας. Οι κανονισμοί του IMO επιβάλλουν την ύπαρξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος που περιλαμβάνει τόσο το κύριο ECDIS όσο και επαρκή ανεξάρτητο εφεδρικό εξοπλισμό για την ασφαλή πλοήγηση. Αυτή η απαίτηση είναι καταλυτικής σημασίας. Οι διαδικασίες Markov μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να προσομοιώσουν ένα σύστημα όπου τα γεγονότα εμφανίζονται με βάση συγκεκριμένες πιθανότητες. Η δημιουργία ενός μοντέλου Markov είναι σκόπιμη όταν το σύστημα μπορεί να αναπαρασταθεί εξετάζοντας όλες τις πιθανές καταστάσεις στις οποίες μπορεί να βρεθεί.



Εικόνα 12 Contribution to ECDIS Reliability using Markov Model [34]

Κατά συνέπεια, μια κατάσταση δεν εξαρτάται από προηγούμενες καταστάσεις με μη ντετερμινιστικό τρόπο. Με άλλα λόγια, μια υποθετική διαδικασία έχει μαρκοβιανές ιδιότητες εάν η υπό συνθήκη κατανομή πιθανότητας της μελλοντικής κατάστασης της διαδικασίας εξαρτάται μόνο από την τρέχουσα κατάσταση. Αυτό σημαίνει ότι δεδομένης της παρούσας κατάστασης, το μέλλον δεν επηρεάζεται ούτε εξαρτάται από την προηγούμενη κατάσταση. Οι μαρκοβιανές διαδικασίες διακρίνονται από το γεγονός ότι δεν έχουν μνήμη και ότι η επόμενη κατάστασή τους εξαρτάται μόνο από την τρέχουσα κατάσταση και όχι από το παρελθόν που οδήγησε σε αυτή την κατάσταση.

Ο πρωταρχικός ρόλος του πλοηγού είναι να εξασφαλίσει την ασφαλή πλοήγηση του σκάφους στον προορισμό του. Οι συσκευές ECDIS, από συμπληρωματικά εργαλεία, εξελίχθηκαν σε υποχρεωτικό εξοπλισμό που αποτελεί τον κύριο πυλώνα της σύγχρονης ναυσιπλοΐας και υπόσχεται σημαντικά υψηλότερο επίπεδο ναυτικής ασφάλειας σε σχέση με τους παραδοσιακούς έντυπους χάρτες, ιδιαίτερα σε καταστάσεις έκτακτης ανάγκης. Επιπρόσθετα, η ενσωμάτωση μιας επιπλέον συσκευής ECDIS διαφορετικού κατασκευαστή μπορεί να ενισχύσει περαιτέρω την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας μέσω της αρχής της πολλαπλότητας [34].

3.1.8 Ρυθμίσεις ασφαλείας και διαχείριση έκτακτων καταστάσεων

Η μετάβαση από τους παραδοσιακούς χάρτες στα ηλεκτρονικά συστήματα πλοήγησης (ECDIS) φέρνει νέες προκλήσεις αλλά και σημαντικά οφέλη. Ενώ το ECDIS προσφέρει μεγαλύτερη ευελιξία και πληροφορίες, είναι απαραίτητο οι ναυτικοί να είναι εξοικειωμένοι με τις λειτουργίες του. Η λανθασμένη χρήση μπορεί να θέσει σε κίνδυνο την ασφάλεια του πλοίου και του πληρώματος.

Το διεθνές πρότυπο επιδόσεων για τα ηλεκτρονικά συστήματα ναυτιλιακών χαρτών (ECDIS) του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO) επιβάλλει την υποχρεωτική χρήση των πιο πρόσφατων εκδόσεων των ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών, που εκδίδονται από τις αρμόδιες υδρογραφικές υπηρεσίες κάθε κράτους [35]. Οι πλοηγοί οφείλουν να δίνουν ιδιαίτερη προσοχή στις λειτουργίες μεγέθυνσης και σμίκρυνσης των ηλεκτρονικών χαρτών. Η αλόγιστη αύξηση της κλίμακας ενός χάρτη μπορεί να οδηγήσει σε παραπλανητικά συμπεράσματα σχετικά με την ακρίβεια των δεδομένων που απεικονίζονται. Συγκεκριμένα, η αύξηση της κλίμακας ενός χάρτη ενδέχεται να δημιουργήσει την εντύπωση ότι οι ενδείξεις βάθους είναι πιο ακριβείς από ό,τι στην πραγματικότητα και ότι η θέση των ναυτιλιακών αντικειμένων και χαρακτηριστικών είναι γνωστή με μεγαλύτερο βαθμό ακρίβειας. Επομένως, η λανθασμένη χρήση των λειτουργιών μεγέθυνσης μπορεί να οδηγήσει σε επικίνδυνες καταστάσεις κατά τη ναυσιπλοΐα.

Ένα ακόμα κρίσιμο στοιχείο που απαιτεί την προσοχή των ναυτικών κατά τη χρήση των ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών (ECDIS) είναι η λειτουργία 'scamin' (ελάχιστη κλίμακα). Αυτή η λειτουργία έχει ως σκοπό να εξασφαλίζει ότι στην οθόνη εμφανίζονται μόνο οι απαραίτητες πληροφορίες για την κλίμακα που χρησιμοποιείται, αποτρέποντας την υπερφόρτωση του χρήστη με περιττές λεπτομέρειες. Ωστόσο, η ακατάλληλη χρήση του 'scamin' μπορεί να οδηγήσει σε σφάλματα πλοήγησης. Είναι απαραίτητο οι ναυτικοί να ελέγχουν πάντα το σχέδιο διέλευσης με την 'κλίμακα σχεδίασης' πριν ξεκινήσουν την πλεύση και να παρακολουθούν συνεχώς τη θέση του πλοίου στην οθόνη. Επιπλέον, η λειτουργία μεγέθυνσης/σμίκρυνσης πρέπει να χρησιμοποιείται με σύνεση και για σύντομα χρονικά διαστήματα. Για την επιβεβαίωση της θέσης του πλοίου, οι πλοηγοί μπορούν να χρησιμοποιήσουν μία ή περισσότερες από τις ακόλουθες επιλογές:

- Χειροκίνητη διόρθωση θέσης (Ραντάρ).
- Χειροκίνητος έλεγχος (χειροκίνητος): χειροκίνητος έλεγχος (χειροκίνητος), οπτικός έλεγχος μέσω ενός παραθύρου.
- Επικάλυψη ARPA και σύγκριση με τη διαγώνια θέση ενός σταθερού σημείου.
- Σύγκριση της επικάλυψης του Ραντάρ με ορατούς χερσαίους ή σταθερούς στόχους.

Εάν το λογισμικό ECDIS δεν έχει ενημερωθεί στην πιο πρόσφατη έκδοση των προδιαγραφών προϊόντος ENC, ενδέχεται να μην αναγνωρίζει και να απεικονίζει σωστά τα νεότερα ναυτιλιακά σύμβολα. Συγκεκριμένα, μπορεί να εμφανίζεται ένα ερωτηματικό (?) στη θέση των νέων συμβόλων, ενώ οι συναγερμοί και οι ενδείξεις που σχετίζονται με αυτά ενδέχεται να μην λειτουργούν σωστά. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα την παροχή ανακριβών ή ελλιπών πληροφοριών στον πλοίαρχο. Για να αποφευχθούν τέτοιου είδους προβλήματα, ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO) έχει εκδώσει συγκεκριμένες οδηγίες για τη συντήρηση του λογισμικού ECDIS, οι οποίες περιέχονται στο έγγραφο Sn.1/Circ.266. [35].

Η διαχείριση των συναγερμών στο ECDIS αποτελεί κρίσιμο στοιχείο για την ασφαλή πλοήγηση. Λόγω των διαφορετικών σχεδιασμών των συστημάτων συναγερμού που υιοθετούν οι διάφοροι κατασκευαστές, οι ναυτικοί καλούνται να αντιμετωπίσουν ένα ευρύ φάσμα ρυθμίσεων και επιλογών. Το επίπεδο λεπτομέρειας και ο βαθμός ελέγχου που παρέχεται στους χρήστες ποικίλλει σημαντικά. Για παράδειγμα, ορισμένα συστήματα επιτρέπουν την πλήρη εξατομίκευση των συναγερμών, ενώ άλλα προσφέρουν περιορισμένες επιλογές. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η δυνατότητα απενεργοποίησης υποχρεωτικών συναγερμών, καθώς και η επιλογή της κλίμακας γραφήματος για τον έλεγχο συναγερμού, μπορεί να οδηγήσει σε επικίνδυνες καταστάσεις.

Πέντε υποχρεωτικοί συναγερμοί, που υποδεικνύονται με ηχητικά ή ηχητικά και οπτικά μέσα, υποδεικνύοντας ότι υπάρχει κίνδυνος και ότι απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή:

- a) Διέλευση περιγράμματος ασφαλείας.
- b) Απόκλιση από τη διαδρομή.
- c) Αποτυχία συστήματος εντοπισμού θέσης.
- d) Προσέγγιση στο κρίσιμο σημείο.
- e) Διαφορετικά γεωδαιτικά δεδομένα.

Μια ζώνη προστασίας (γνωστή και ως κουτί ασφαλείας) προσφέρει στον ναυτικό προηγούμενη ειδοποίηση για πιθανούς κινδύνους. Ο χρήστης αποφασίζει το μέγεθος αυτής της ζώνης προστασίας, η οποία θα πρέπει να τροποποιείται κατά περίπτωση, ώστε να αποφεύγονται περιττοί συναγερμοί ή να παρέχονται επαρκείς προειδοποιήσεις. Οι πλοηγοί θα πρέπει να σημειώσουν ότι δεν περιγράφονται όλοι οι κίνδυνοι και ότι η ζώνη προστασίας παραμένει ενεργή ακόμη και αν δεν έχει επιλεγεί για εμφάνιση. Για να είναι αποτελεσματικό το σύστημα προειδοποίησης (εφόσον ακολουθείται η πορεία), η ζώνη επιτήρησης του πλοίου πρέπει να οριστεί σε εύλογο χρόνο ή εύρος με ναυτικούς όρους, δηλαδή ανάλογα με την εγγύτητα του κινδύνου, την προγραμματισμένη ταχύτητα κ.λπ [35].

3.1.9 Υπερβολική εξάρτηση στην τεχνολογία ECDIS και κίνδυνοι

Η αυξανόμενη εξάρτηση από προηγμένα ναυτιλιακά συστήματα, όπως το ECDIS, ενώ βελτιώνει σημαντικά την ασφάλεια της πλοήγησης, ενέχει τον κίνδυνο της υπερβολικής εμπιστοσύνης. Ωστόσο, η αυτοματοποίηση στο ECDIS μπορεί να δημιουργήσει μια ψευδή αίσθηση ασφάλειας, υπονομεύοντας την ανάγκη για συνεχή ανθρώπινη επαγρύπνηση και κριτική σκέψη. Η ασφαλής πλοήγηση είναι μια δυναμική δραστηριότητα που απαιτεί ενεργή επίγνωση

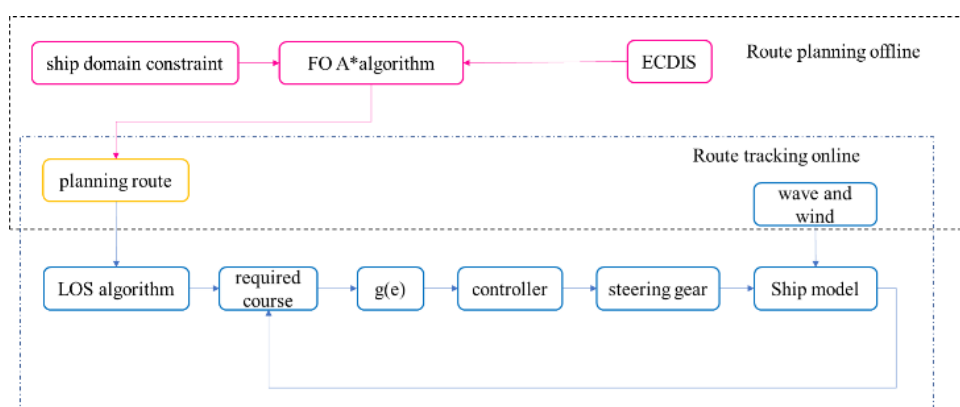
της κατάστασης. Σύμφωνα με τα πρότυπα εκπαίδευσης, πιστοποίησης και τήρησης φυλακών (STCW, Standards Of Training, Certification, And Watchkeeping), "οι αξιωματικοί γέφυρας είναι υπεύθυνοι για την ασφαλή ναυσιπλοΐα του πλοίου κατά τις ώρες εργασίας, με ιδιαίτερη προσοχή στην αποφυγή σύγκρουσης και προσάραξης". Κατά τη χρήση του ECDIS, οι απαιτήσεις αυτές πρέπει πάντα να λαμβάνονται υπόψη, μαζί με άλλες απαιτήσεις που θέτει η εκάστοτε εταιρεία.

Τέλος, πληροφορίες που παρέχει το ECDIS πρέπει να επαληθεύονται συνεχώς, τόσο μέσω άλλων συστημάτων πλοήγησης όσο και με την ανθρώπινη παρατήρηση. Ο κανόνας 5 του COLREGS αναφέρει το έξης: «Κάθε σκάφος επιδεικνύει ανά πάσα στιγμή τη δέουσα επιμέλεια για την πλήρη εκτίμηση της κατάστασης και του κινδύνου σύγκρουσης, με την όραση και την ακοή και με όλα τα μέσα που είναι κατάλληλα για τις επικρατούσες συνθήκες» [36].

3.1.10 Σχεδιασμός και παρακολούθηση πορείας των πλοίων μέσω του ECDIS

Ο αυτόματος προγραμματισμός της διαδρομής κι ο έλεγχος της παρακολούθησης είναι σημαντικός για όλα τα πλοία. Γι' αυτό το λόγο, δημιουργήθηκε ένας βελτιστοποιημένος αλγόριθμος A* (FO A*) ώστε να γίνεται αυτόματα ο σχεδιασμός της διαδρομής των πλοίων καθώς κι ο σχεδιασμός ενός μη γραμμικού ελεγκτή παρακολούθησης που να διασφαλίζει ότι το πλοίο ακολουθεί τη σωστή πορεία. Ο αλγόριθμος "FO A" χρησιμοποιεί τη θεωρία των τομέων πλοίων για να διασφαλίζει ότι η προγραμματισμένη διαδρομή είναι μακριά από παραλίες και υφάλους. Επιπλέον, το προφίλ του πυθμένα του πλοίου χρησιμοποιείται για τον ακριβή προσδιορισμό της ζώνης ασφαλείας όπου το πλοίο μπορεί να πλεύσει χωρίς να προκαλέσει προβλήματα. Επιπλέον, εάν το πλοίο ακολουθεί τη σχεδιασμένη διαδρομή αλλά υπάρχουν έντονες καιρικές συνθήκες (ισχυροί άνεμοι και κύματα), εφαρμόζεται ο αλγόριθμος για τη μείωση της γωνίας πηδαλίου [37].

Όπως φαίνεται στο παρακάτω σχήμα, η διαδικασία σχεδιασμού της διαδρομής εκτελείται εκτός σύνδεσης σύμφωνα με την πρακτική πλοήγησης, επειδή η διαδρομή σχεδιάζεται από δευτέρους αξιωματικούς πριν από την αναχώρηση του πλοίου. Αφού ο αλγόριθμος δώσει την προγραμματισμένη πορεία, το πλοίο ολοκληρώνει την αποστολή πλοήγησης σύμφωνα με την καθορισμένη πορεία. Η οπτική γραμμή χρησιμοποιείται για να καθοδηγήσει το πλοίο και να δώσει την απαιτούμενη πορεία την επόμενη στιγμή. Η G(e) είναι μια μη γραμμική συνάρτηση που εφαρμόζεται για τη μείωση των σφαλμάτων ανάδρασης στο σύστημα ελέγχου.



Σχήμα 3 «Διάγραμμα σχεδιασμού και παρακολούθησης διαδρομής» [37]

Προτείνεται και εφαρμόζεται στο σύστημα ECDIS ένας αλγόριθμος FO A* βασισμένος στον συμβατικό A*. Πραγματοποιούνται προσομοιώσεις εντοπισμού διαδρομής με το πρότυπο πλοίου "MMG" (Manoeuvring Modelling Group). Ο προτεινόμενος αλγόριθμος επικυρώνεται με προσομοίωση και διάφορα πειράματα. Τα πειραματικά αποτελέσματα δείχνουν ότι ο αλγόριθμος FO A* είναι εφαρμόσιμος στην πρακτική ναυσιπλοΐα και επιταχύνει την ανάπτυξη αυτού του κλάδου. Τέλος, πρέπει να ληφθούν υπόψη και ορισμένοι άλλοι παράγοντες πλοήγησης, όπως τα συστήματα διαχωρισμού της κυκλοφορίας και τα στενά κανάλια [37].

3.2 Σύστημα ENC

Οι Ηλεκτρονικοί Χάρτες Πλοήγησης (Electronic Navigational Charts – ENC), γνωστοί κι ως ψηφιακοί διανυσματικοί χάρτες, είναι σύνολα δεδομένων που υποστηρίζουν όλους τους τύπους χαρτών ναυτικής πλοήγησης. Βασικά, οι Ηλεκτρονικοί Πλοηγικοί Χάρτες (ENCs) είναι επίσημες βάσεις δεδομένων που δημιουργούνται από την Εθνική Υδρογραφική Υπηρεσία για χρήση στη ναυσιπλοΐα σε συνδυασμό με το Σύστημα Ηλεκτρονικής Απεικόνισης Χαρτών και Πληροφοριών (ECDIS). [38]

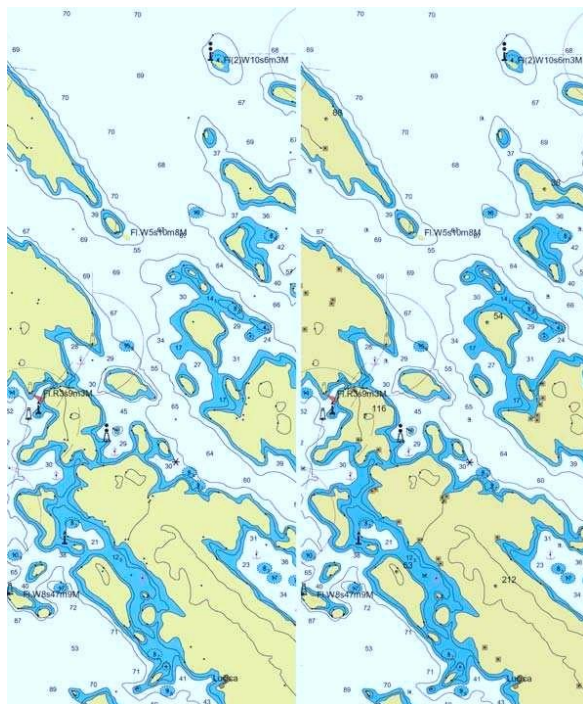
Ένας ηλεκτρονικός ναυτικός χάρτης πρέπει να ακολουθεί τα πρότυπα που αναφέρονται στο Διεθνή Υδρογραφικό Οργανισμό για να καταφέρει να πιστοποιηθεί ως ENC, καθώς μόνο αυτοί μπορούν να χρησιμοποιηθούν στο σύστημα ECDIS. Ακόμη, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) για οποιοδήποτε αριθμό εφαρμογών όπως:

- Διαχείριση των Παράκτιων Ζωνών
- Χαρτογράφηση Τοποθεσιών Ζωής Ψαριών
- Σχεδιασμός Έκτακτης Ανάγκης
- Χαρτογράφηση δικαιοδοσίας.

Οι ηλεκτρονικοί ναυτικοί χάρτες (ENC) είναι διαθέσιμοι για χονδρική διανομή σε αντιπροσώπους χαρτών και μεταπωλητές από περιφερειακά κέντρα ή μη κερδοσκοπικούς οργανισμούς. Τέλος, είναι σημαντικό να αναφερθεί πως ο Διεθνής Οργανισμός Ναυτιλίας (IMO) ενέκρινε την υποχρεωτική μεταφορά δεδομένων ECDIS και ENC σε όλα τα νέα ταχύπλοα από τον Ιανουάριο του 2010 και σταδιακά σε όλα τα σκάφη από το 2012 έως το 2018.

3.2.1 Διαχείριση δεδομένων ENC πολλαπλής κλίμακας σε θαλάσσια περιοχή

Η βάση δεδομένων ENC δημιουργήθηκε ως βάση δεδομένων πολλαπλών κλιμάκων. Το ENC μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε διαφορετικά επίπεδα προβολής ή για διαφορετικές εφαρμογές πλοήγησης. Κατά τη δημιουργία των ENCs για την ανατολική ακτή της Αδριατικής Θάλασσας (μια πολύ σύνθετη και δύσκολη περιοχή πλοήγησης για όλους τους ναυτικούς που διέρχονται από την περιοχή αυτή), ήταν σαφές ότι η πυκνότητα των αντικειμένων (αβαθή, άλλα σκάφη, σηματοδότες κ.λπ.) στην οθόνη του υπολογιστή ήταν υψηλή. Ήταν σαφές ότι η περιοχή της Αδριατικής Θάλασσας πρέπει να θεωρηθεί ως αρχιπέλαγος.



Εικόνα 13 « α) Κροατική μέθοδος εφαρμογής SCAMIN (αριστερά) β) Καναδική μέθοδος (δεξιά)» [38]

Προκειμένου να βελτιωθεί η αναγνωσιμότητα των ναυτιλιακών χαρτών σε μικρές κλίμακες, προτείνεται η υιοθέτηση ενός νέου εύρους κλίμακας ζώνης χρήσης για τις θαλάσσιες περιοχές του αρχιπελάγους. Παράλληλα, προτείνεται η εφαρμογή μιας νέας μεθόδου γενίκευσης του περιεχομένου των ηλεκτρονικών ναυτιλιακών χαρτών (ENC) σε πραγματικό χρόνο, βασισμένη στην τεχνική κωδικοποίησης χαρακτηριστικών μικρής κλίμακας "Scale Minimum" (SCAMIN). Η μέθοδος αυτή πρότεινε μια νέα ταξινόμηση αντικειμένων, η οποία, σε αντίθεση με τις προηγούμενες γνωστές μεθόδους, χρησιμοποιεί έναν νέο τύπο για τον υπολογισμό της τιμής του χαρακτηριστικού "SCAMIN", το οποίο εξαρτάται πάντα από τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της Αδριατικής Θάλασσας. Η μέθοδος αυτή αναπτύχθηκε με τη βελτίωση της καναδικής μεθόδου και κατέληξε σε διάφορες έξυπνες λύσεις που οδήγησαν στην ονομασία "Κροατική μέθοδος γενίκευσης περιεχομένου ENC σε πραγματικό χρόνο". Η μέθοδος είναι κατάλληλη για την παραδοσιακή χαρτογραφία του Υδρογραφικού Ινστιτούτου της Δημοκρατίας της Κροατίας. Με μικρές τροποποιήσεις, η μέθοδος μπορεί να εφαρμοστεί και σε άλλα ύδατα όπως, του αρχιπελάγους της Μεσογείου [38].

3.2.2 Προστασία και κίνδυνοι δεδομένων ENC για ασφαλή πλοήγηση

Οι δυνατότητες της συσκευής στην απόκτηση στόχου και τους σχετικούς υπολογισμούς δεν απαλλάσσουν σε καμία περίπτωση τον αξιωματικό γέφυρας από την υποχρέωση να κατανοήσει πλήρως τις βασικές αρχές της απεικόνισης με συμβατικό Ραντάρ, προκειμένου να τις εφαρμόσει σε δυνητικά επικίνδυνες καταστάσεις όταν η συσκευή αποτύχει. Η κρίση του αξιωματικού γέφυρας σχετικά με την τακτική αποφυγής σύγκρουσης σε συνθήκες περιορισμένης ορατότητας εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τις πληροφορίες του Ραντάρ και τις επικοινωνίες ραδιοτηλεφώνου. Όταν τα άλλα συστήματα δεν λειτουργούν, είναι επιτακτική ανάγκη να

χρησιμοποιείται το Ραντάρ, όπου είναι διαθέσιμο και λειτουργικό, για τον εντοπισμό επικίνδυνων καταστάσεων και την αποφυγή συγκρούσεων [39].

3.3 Ασφαλής θαλάσσια πλοήγηση COLREGS με χρήση εμποδίων ταχύτητας

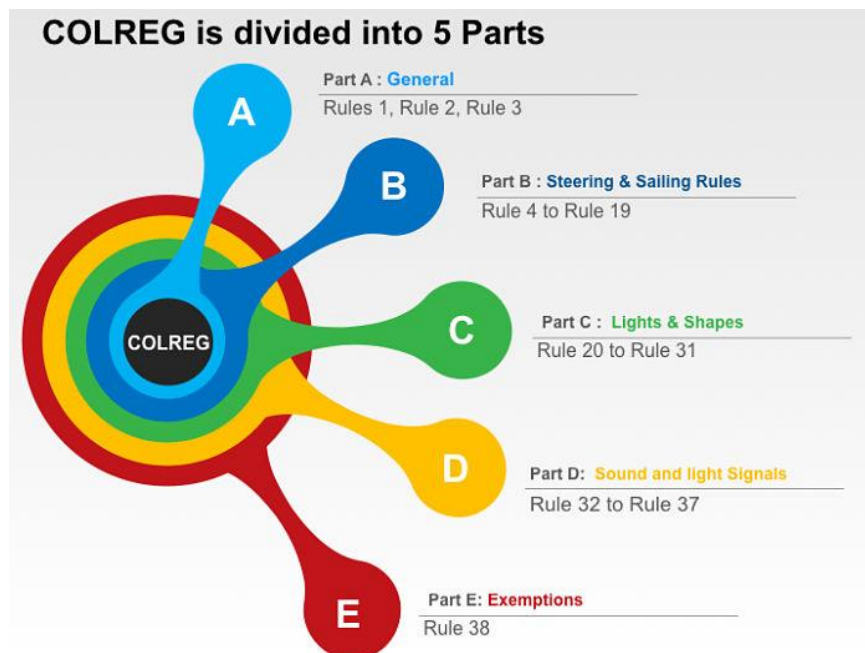
Τα τελευταία χρόνια οι δυνατότητες των μη επανδρωμένων οχημάτων επιφανείας (USV, Unmanned Surface Vehicle) έχουν αναπτυχθεί σημαντικά και οι περιοχές λειτουργίας τους έχουν αρχίσει να περιλαμβάνουν περιβάλλοντα που μοιράζονται με άλλα σκάφη. Τα USV πρέπει να είναι σε θέση να συνεργάζονται με άλλα επανδρωμένα ή μη επανδρωμένα σκάφη και να αποφεύγουν με ασφάλεια άλλα σκάφη. Στη θάλασσα, τα πλοία πρέπει να συμμορφώνονται με τους Διεθνείς Κανόνες Πρόληψης Συγκρούσεων στη Θάλασσα, κοινώς γνωστούς ως COLREGS, που εγκρίθηκαν από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) το 1972. Αυτοί οι "κανόνες ναυσιπλοΐας" καθορίζουν τους τύπους ελιγμών που πρέπει να χρησιμοποιούνται σε ορισμένες καταστάσεις όπου υπάρχει κίνδυνος σύγκρουσης [40].

Όταν ένα USV χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με άλλα σκάφη, οι αλγόριθμοι πλοήγησης του USV πρέπει να συμμορφώνονται με τους κανόνες COLREGS, έτσι ώστε το USV να μπορεί να αποφεύγει με ασφάλεια άλλα σκάφη και οι οδηγοί των άλλων σκαφών να μπορούν να αναμένουν ορισμένες ασφαλείς συμπεριφορές από το USV. Στο παρελθόν έχουν προταθεί διάφορες προσεγγίσεις για τους COLREGS, συμπεριλαμβανομένων των εξελικτικών αλγορίθμων, των νευρωνικών δικτύων και των 2D δικτυακών χαρτών. Ωστόσο, αυτές δεν κλιμακώνονται καλά με πολλά πλοία και πολλούς κανόνες COLREGS, ειδικά σε ρομποτικές πλατφόρμες όπου απαιτείται υπολογισμός σε πραγματικό χρόνο.

Επιπλέον, τα περισσότερα αποτελέσματα περιορίζονται σε προσομοιώσεις χωρίς την αβεβαιότητα των κινήσεων του USV, τις καθυστερήσεις υπολογισμού και επικοινωνίας και τον θόρυβο στο σύστημα ανίχνευσης. Για τον αποκλειστικό σκοπό της αποφυγής κινούμενων εμποδίων, η προσέγγιση του "εμποδίου ταχύτητας" (VO, Vessel Over) έχει υιοθετηθεί από ορισμένους ερευνητές. Το VO προτάθηκε το 1998 και έκτοτε έχει επεκταθεί σε διάφορες μορφές, συμπεριλαμβανομένης της συνεργατικής αποφυγής σύγκρουσης, των στοχαστικών εμποδίων ταχύτητας και της προσομοίωσης πλήθους. Η προσέγγιση VO δημιουργεί ένα κωνικό εμπόδιο στον χώρο ταχύτητας (εξ ου και η ονομασία εμπόδιο ταχύτητας) και εγγυάται ότι το ρομπότ δεν θα συγκρουστεί στο μέλλον εφόσον το διάνυσμα ταχύτητάς του βρίσκεται εκτός του VO.

Για να προσδιοριστεί ο μελλοντικός κίνδυνος σύγκρουσης, μπορεί να εκτιμηθεί τόσο η θέση του κινούμενου εμποδίου όσο και η θέση του ρομπότ σε ένα μελλοντικό χρονικό βήμα και να πραγματοποιηθεί έλεγχος σύγκρουσης χρησιμοποιώντας τη διαμόρφωσή τους σε κάθε χρονικό βήμα. Αυτή η μέθοδος έχει το πλεονέκτημα του ελέγχου των συγκρούσεων οχημάτων κατά μήκος αυθαίρετων τροχιών. Ωστόσο, η υπολογιστική επιβάρυνση μπορεί να είναι πολύ υψηλή, καθώς οι έλεγχοι σύγκρουσης πρέπει να εκτελούνται σε πολλές χρονοθυρίδες. Από την άλλη πλευρά, το VO εκτελεί πρόβλεψη πρώτης τάξης (γραμμική πρόβλεψη) και ο έλεγχος σύγκρουσης πραγματοποιείται στο χώρο ταχύτητας. Λόγω της ικανότητάς του να προβλέπει συγκρούσεις σε μελλοντικές χρονικές στιγμές, υπό την προϋπόθεση γραμμικής κίνησης, ο αλγόριθμος VO

αποδεικνύεται εξαιρετικά αποτελεσματικός και υπολογιστικά αποδοτικός. Αυτή η ιδιότητα τον καθιστά ιδανικό για εφαρμογές σε ρομποτικά συστήματα, όπου οι περιορισμένοι υπολογιστικοί πόροι και οι αυστηρές απαιτήσεις πραγματικού χρόνου απαιτούν γρήγορες και αξιόπιστες λύσεις [40].



Εικόνα 14 «COLREG Rules»[40]

4

Δεδομένα AIS και Βελτιστοποίηση Συστημάτων

Η ενότητα αυτή επικεντρώνεται στη χρήση των δεδομένων AIS και τη βελτιστοποίηση συστημάτων πλοήγησης. Παραθέτονται μελέτες και μεθοδολογίες που αναπτύχθηκαν για την ανάλυση και την αξιοποίηση αυτών των δεδομένων προς όφελος της ασφάλειας και της αποτελεσματικής πλοήγησης. Ξεκινώντας με τη μέθοδο ανίχνευσης πιθανών συγκρούσεων από δεδομένα AIS, εξετάζεται πώς μπορούν αυτά τα δεδομένα να χρησιμοποιηθούν για την πρόβλεψη πιθανών επικίνδυνων καταστάσεων. Στη συνέχεια, παρουσιάζονται διάφορες έρευνες σύγκρουσης πλοίων με βάση δεδομένα AIS για την ανάλυση πιθανών καταστάσεων και παραγόντων σύγκρουσης. Η μελέτη περιλαμβάνει επίσης την αξιολόγηση της ευπάθειας των δεδομένων AIS σε επιθέσεις πλαστογράφησης. Στόχος είναι να προσδιοριστούν οι πιθανές μέθοδοι παραποίησης των δεδομένων και οι επιπτώσεις τους στην ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα των ναυτιλιακών συστημάτων. Έπειτα, αναφέρεται μια μελέτη όπου αναλύει τα δεδομένα AIS για να εντοπίσει ανώμαλα μοτίβα κίνησης, όπως απότομες αλλαγές πορείας ή παραμονή σε περιοχές απαγόρευσης. Χρησιμοποιώντας αλγόριθμους μηχανικής μάθησης, προβλέπει τις μελλοντικές διαδρομές των σκαφών, συμβάλλοντας στην ενίσχυση της ασφάλειας στη ναυσιπλοΐα. Τέλος, αναλύεται η χρήση ενός πρωτοκόλλου επικοινωνίας AIS για την εξουσιοδότηση εισόδου σε λιμάνια, μια πρακτική που ενισχύει την ασφάλεια και την ομαλή λειτουργία των λιμενικών εγκαταστάσεων, ιδιαίτερα σε περιοχές με αυξημένη ναυτιλιακή κίνηση.

4.1 Μέθοδος ανίχνευσης πιθανών συγκρούσεων από δεδομένα AIS

Οι θαλάσσιες μεταφορές διαδραματίζουν ζωτικό ρόλο στην παγκόσμια οικονομία και αποτελούν τον κύριο τρόπο μεταφοράς τόσο για το εγχώριο όσο και για το διεθνές εμπόριο. Υπολογίζεται ότι το 90% του παγκόσμιου εμπορίου διενεργείται μέσω της θάλασσας (UNCTAD 2014). Παρόλο που τα μεγάλα θαλάσσια ατυχήματα είναι σχετικά σπάνια, οι συνέπειές τους

μπορούν να είναι καταστροφικές από την άποψη των ανθρώπινων και οικονομικών απωλειών, καθώς και των ζημιών στο θαλάσσιο περιβάλλον. Ωστόσο, οι συγκρούσεις πλοίων συμβαίνουν πιο συχνά σε περιοχές με υψηλή κίνηση, όπως ο Κόλπος της Φινλανδίας και ο Πορθμός της Σιγκαπούρης, προκαλώντας κινδύνους ταυτόχρονα τόσο στις κοινωνίες όσο και στο θαλάσσιο οικοσύστημα [41]. Διάφορες μελέτες και μέθοδοι προτείνονται για την ανάλυση και διατήρηση της ασφάλειας και του κινδύνου στις θαλάσσιες μεταφορές. Αυτές οι προσεγγίσεις συνδυάζουν τεχνικές μοντελοποίησης με εμπειρικές μελέτες, με επίκεντρο την πρόληψη των συγκρούσεων μεταξύ πλοίων.

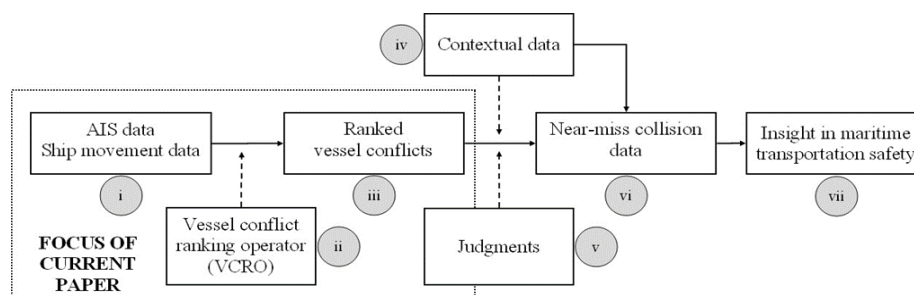
Μια πρώτη κατηγορία αφορά τη μοντελοποίηση και την ανάλυση των κινδύνων, με σκοπό τον εντοπισμό περιοχών υψηλού κινδύνου ατυχημάτων και μπορεί να περιλαμβάνει μηχανισμούς για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας συνδυασμένων επιλογών διαχείρισης κινδύνου. Στη βιβλιογραφία έχουν παρουσιαστεί διάφορες εφαρμογές ανάλυσης θαλάσσιου κινδύνου [42].

Η δεύτερη κατηγορία επικεντρώνεται στη στατιστική ανάλυση των θαλάσσιων ατυχημάτων και αποσκοπεί στον εντοπισμό των σχέσεων μεταξύ των μεταβλητών προκειμένου να κατανοηθούν οι συνθήκες υπό τις οποίες συμβαίνουν τα θαλάσσια ατυχήματα. Για παράδειγμα, παρέχουν πληροφορίες σχετικά με τους πιο συχνούς τύπους ατυχημάτων, τους τύπους σκαφών που συχνότερα εμπλέκονται σε ατυχήματα και τους τύπους λειτουργιών που διεξάγονται [43].

Μια τρίτη κατηγορία μελετών εστιάζει στην πρόληψη των ατυχημάτων μέσω της ανάλυσης δεδομένων που δεν σχετίζονται άμεσα με προηγούμενα συμβάντα, αξιοποιώντας διάφορα μέτρα ασφαλείας στα συστήματα θαλάσσιων μεταφορών.

Ωστόσο, πρόσφατες μελέτες έχουν προτείνει νέες μεθόδους για τον εντοπισμό δυνητικών συγκρούσεων πλοίων από δεδομένα AIS και έχουν παράσχει έναν τρόπο χρήσης αυτών των δεδομένων για την απόκτηση περισσότερων πληροφοριών σχετικά με τη θαλάσσια ασφάλεια. Οι χειριστές συγκρούσεων πλοίων λαμβάνουν υπόψη τους παράγοντες που επηρεάζουν την πολυπλοκότητα μιας πιθανής σύγκρουσης μεταξύ δύο πλοίων, δηλαδή την απόσταση, τη σχετική ταχύτητα και τις διαφορές κατεύθυνσης. Η σχέση με τη σχετική ταχύτητα μπορεί να προκαλέσει ανησυχία λόγω της γραμμικής εξάρτησής της. Ωστόσο, δεν υπάρχουν ισχυρά στοιχεία για αυτό το θέμα. Περαιτέρω έρευνα θα μπορούσε να εξετάσει εναλλακτικές υποθέσεις και να ελέγξει την ευαισθησία αυτής της μεταβλητής. Ένας άλλος τομέας προβληματισμού είναι το μέγεθος και το είδος της επίδρασης στην ευελιξία των σκαφών που, η οποία μπορεί να επηρεάσει την απόσταση που περνούν το ένα από το άλλο. Αυτό θα μπορούσε να ενσωματωθεί στο μοντέλο για περαιτέρω βελτίωση στο μέλλον.

Τέλος, οι επιπτώσεις των υδρομετεωρολογικών συνθηκών, όπως το ύψος των κυμάτων και η ορατότητα, δεν λαμβάνονται υπόψη στο μοντέλο. Το περιεχόμενο και η δομή του μοντέλου βασίζονται σε εμπειρογνώμονες και η παραμετροποίηση βασίζεται σε δεδομένα AIS από διάφορα κυβερνητικά σύνολα δεδομένων. Το αναπτυσσόμενο μοντέλο εφαρμόζεται σε δεδομένα κυκλοφορίας στη Βαλτική Θάλασσα. Τα αποτελέσματα και οι δοκιμές εγκυρότητας του μοντέλου υποδηλώνουν ότι είναι επαρκές για την κατάταξη των συγκρούσεων και για την ιεράρχησή τους, η οποία θα υπόκειται σε περαιτέρω έλεγχο από ειδικούς [44].



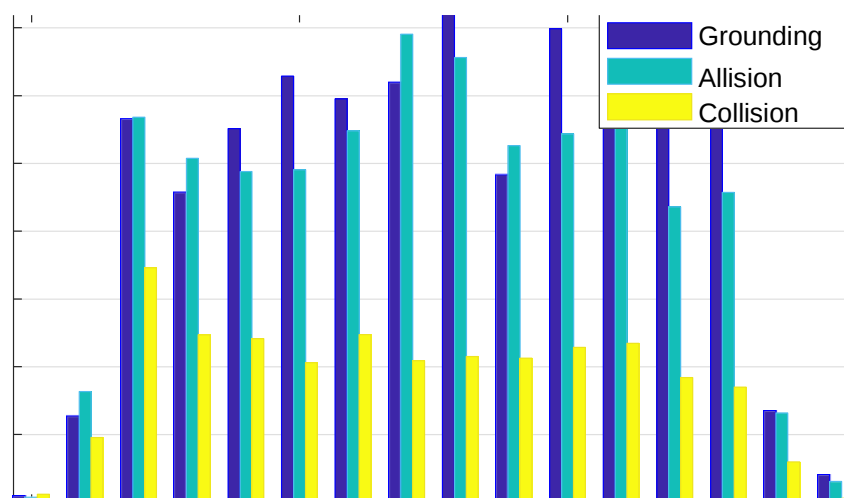
Σχήμα 4 «Πλαίσιο για την έρευνα σχετικά με τις πιθανές συγκρούσεις των πλοίων» [44]

4.2 Ανάλυση συμβάντων σύγκρουσης σκαφών με βάση τα δεδομένα

AIS

Οι δραστηριότητες των θαλάσσιων μεταφορών αποτελούν έναν αναδυόμενο κλάδο της οικονομίας, γνωστός ως "γαλάζια οικονομία". Καθώς περίπου το 90% των παγκόσμιων αγαθών μεταφέρονται μέσω των ωκεανών, οι θαλάσσιες μεταφορές γίνονται βασικό στοιχείο της σύγχρονης οικονομίας. Παράλληλα, βελτιώνονται συνεχώς τα πρότυπα ασφαλείας για την αποφυγή επικίνδυνων καταστάσεων και τη διασφάλιση της βιώσιμης ανάπτυξης του θαλάσσιου τομέα. Σύμφωνα με μια πρόσφατη ετήσια έκθεση του Ευρωπαϊκού Οργανισμού για την Ασφάλεια στη Θάλασσα για το 2018, τα θαλάσσια ατυχήματα στην Ευρώπη μεταξύ 2011 και 2017 προκάλεσαν περισσότερους από 680 θανάτους και περισσότερους από 6.800 τραυματισμούς.

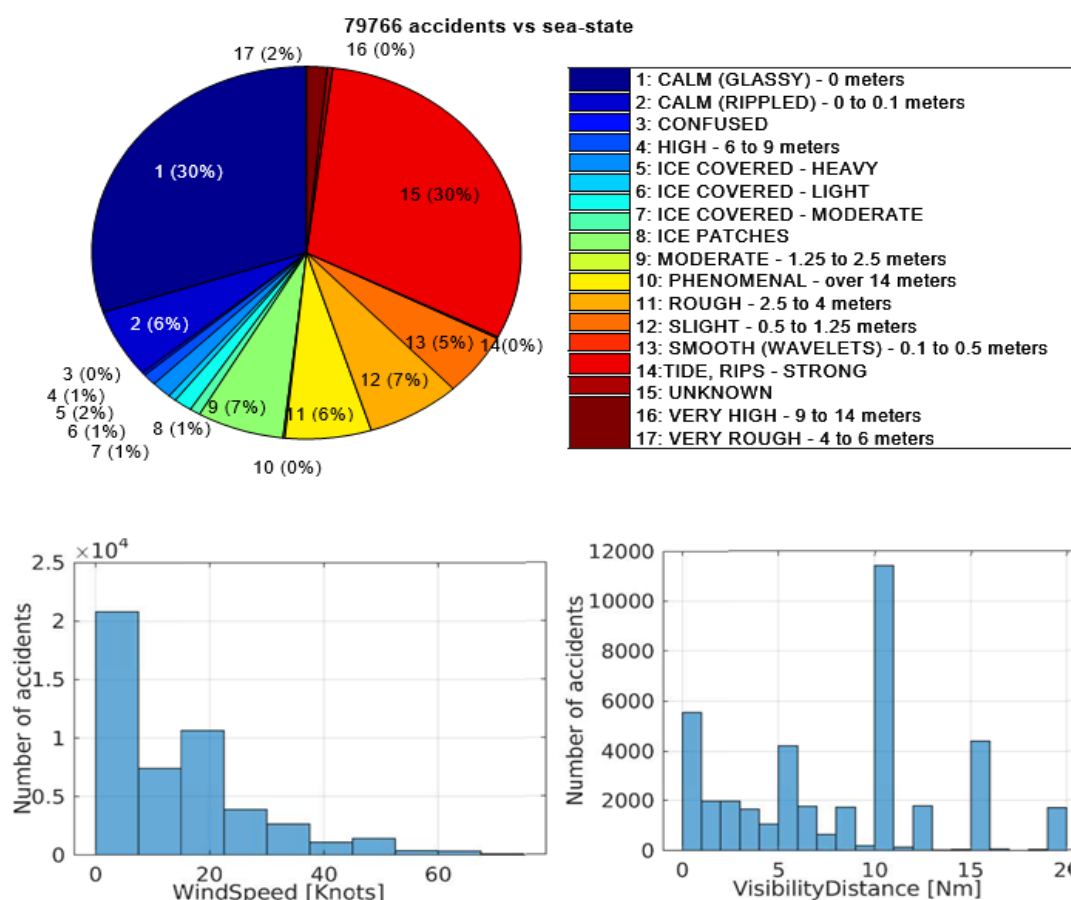
Οι περισσότεροι θανατηφόροι τύποι ναυτικών ατυχημάτων αφορούν την προσάραξη (16,6%), επαφή με σταθερά αντικείμενα (16,3%) και τις συγκρούσεις (23,2%). Σύμφωνα με τα δεδομένα της ακτοφυλακής των ΗΠΑ που καλύπτουν την περίοδο από το 2000 έως το 2015, περίπου το 43,5% των ατυχημάτων σχετίζονται με την προσάραξη, το 39,6% αφορά την επαφή με σταθερά αντικείμενα και το 16,9% σχετίζεται με τις συγκρούσεις.



Σχήμα 5 «Διερεύνηση ατυχημάτων ναυσιπλοΐας στις ΗΠΑ 2000–2015»[45]

Η ανάλυση των συγκρούσεων μεταξύ επιβατηγών πλοίων υποδεικνύει την ανάγκη λήψης μέτρων για τον έλεγχο του κινδύνου στη ναυσιπλοΐα προκειμένου να μειωθεί ο συνολικός κίνδυνος σύγκρουσης [45].

Σύμφωνα με το Καναδικό Συμβούλιο Ασφάλειας Μεταφορών, τα ναυτικά ατυχήματα μπορούν να έχουν σοβαρές συνέπειες. Από τα 79.000 περιστατικά, το 80,8% προκάλεσε ζημιές, το 9,86% προκάλεσε επιβεβαιωμένη ρύπανση, το 7,99% προκάλεσε μικροτραυματισμούς, το 4,39% προκάλεσε σοβαρούς τραυματισμούς και το 4,01% οδήγησε σε θανάτους. Τα περισσότερα από αυτά τα ατυχήματα συνέβησαν κατά τη διάρκεια διαφόρων περιβαλλοντικών συνθηκών, όπως φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα. Οι παράγοντες όπως η ταχύτητα του ανέμου, η ορατότητα και η κατάσταση της θάλασσας φαίνεται να επηρεάζουν σημαντικά την πιθανότητα εκδήλωσης ατυχημάτων.



Σχήμα 6 « θαλάσσια ατυχήματα σε διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες»[45]

Για να μειωθεί η συχνότητα τέτοιων περιστατικών, έχουν αναπτυχθεί ποιοτικές ερευνητικές μέθοδοι για την κατανόηση των βαθύτερων αιτιών. Οι μέθοδοι αυτοί αξιολογούν τον κίνδυνο στα πλοία, λαμβάνοντας υπόψη διάφορους παράγοντες όπως το είδος του πλοίου, τις καιρικές συνθήκες, τα ανθρώπινα λάθη και την οργάνωση. Επιπλέον, περιλαμβάνονται τα σφάλματα λήψης αποφάσεων που οφείλονται στις συνθήκες των φορέων εκμετάλλευσης και του προσωπικού, καθώς και σε κοινωνικοτεχνικούς παράγοντες. Ωστόσο, η ποιοτική προσέγγιση φαίνεται να μην είναι πολύ ακριβής, δεδομένου ότι τα περισσότερα ατυχήματα συμβαίνουν κατά κύριο λόγο σε καλές καιρικές συνθήκες.

Σε πρόσθετη ανάλυση, η σχέση μεταξύ των συνθηκών της θάλασσας/ανέμου/ορατότητας και του αριθμού των ατυχημάτων φαίνεται να είναι περιορισμένη, ειδικά όταν λαμβάνουμε υπόψη την πυκνότητα και τη συχνότητα της κυκλοφορίας σε κάθε κατάσταση. Συνεπώς, η κυρίαρχη προσέγγιση για την ασφάλεια στη θάλασσα φαίνεται να είναι αντιδραστική και να μην είναι σε θέση να προβλέψει με ακρίβεια τα ατυχήματα. Σε πραγματικό χρόνο, ο κίνδυνος σύγκρουσης και προσάραξης εξαρτάται από τη διαμόρφωση της κυκλοφορίας, τον αριθμό των σκαφών/πλοίων και τις τοποθεσίες τους, τη σχετική ταχύτητα και την πορεία μεταξύ τους κοντά σε αντικείμενα (ικανότητα ελιγμών), καθώς και τη διάμετρο και τη μέγιστη εμβέλεια τροχιάς που ορίζονται από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) [45].

4.3 Ευπάθεια δεδομένων AIS που υποδεικνύεται από σχετική μελέτη πλαστογράφησης

Οι εμπλεκόμενοι φορείς του ναυτιλιακού τομέα δημιούργησαν το AIS με στόχο τη βελτίωση της θαλάσσιας ασφάλειας. Το AIS ξεκίνησε ως κοινή προσπάθεια του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IMO), της Διεθνούς Ένωσης Φανών Πλοήγησης (IAL), της Διεθνούς Ένωσης Τηλεπικοινωνιών (ITU) και της Διεθνούς Ηλεκτροτεχνικής Επιτροπής (IEC) του IMO. Η Διεθνής Ένωση Φανών (IALA, International Association Of Marine Aids To Navigation And Lighthouse Authorities) καθόρισε τις τεχνικές απαιτήσεις, ενώ η ITU και η IEC διαμόρφωσαν τα πρότυπα εκπομπής και τα ηλεκτροτεχνικά πρότυπα του AIS. Η ανάπτυξη του AIS έχει συμβάλει σημαντικά στη βελτίωση της ασφάλειας της ναυσιπλοΐας, αλλά έχει παρουσιάσει και προκλήσεις στα θέματα ασφάλειας.

Αρχικά, το AIS εισήχθη σε ορισμένα πλοία της Διεθνούς Σύμβασης για την Ασφάλεια της Ανθρώπινης Ζωής στη Θάλασσα (SOLAS) για να βοηθήσει τους αξιωματικούς γέφυρας σε περιπτώσεις σύγκρουσης. Το AIS παρέχει στον αξιωματικό βάρδιας (OOW, Office Of The Watch) ακριβή και λεπτομερή δεδομένα για όλους τους στόχους στη θάλασσα, κάτι που είναι κρίσιμο για τη λήψη αποφάσεων, ειδικά σε κρίσιμες καταστάσεις. Επιπλέον, τα δεδομένα από το AIS μπορούν να ενσωματωθούν σε συστήματα όπως το ARPA ή το ECDIS, προσφέροντας στους πλοηγούς επιπλέον πληροφορίες που μπορεί να είναι κρίσιμες για την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας.

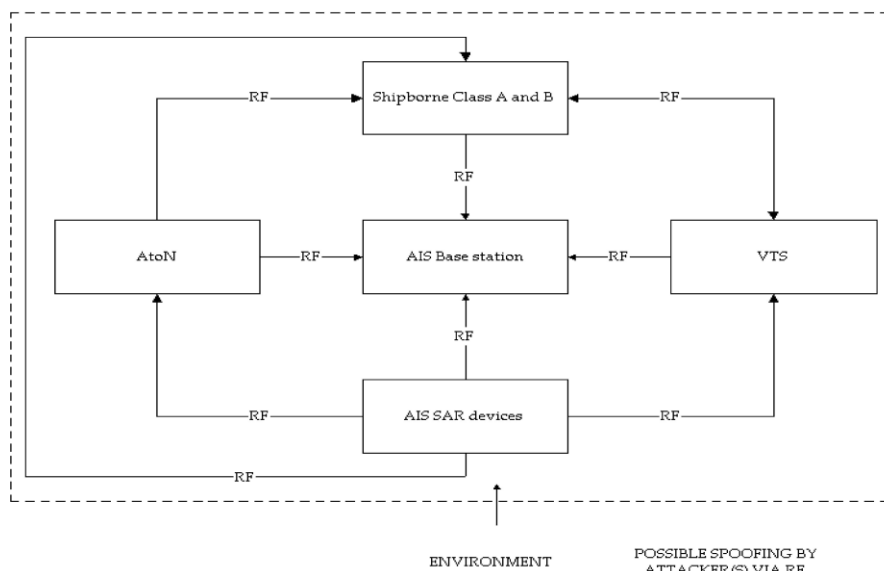
Παρόλο που η χρήση του AIS στα πλοία συμβάλει στην ασφάλεια της ναυσιπλοΐας, πρέπει να επισημανθεί ότι το AIS δεν οδηγεί τα πλοία, αλλά επιτρέπει την ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ πλοίων και σταθμών στην ξηρά.

Σύμφωνα με τον κανονισμό V/19.2.4 της SOLAS, τα πλοία με συνολική χωρητικότητα 300 κόρων και άνω, τα φορτηγά πλοία με συνολική χωρητικότητα 500 κόρων και άνω και τα επιβατηγά πλοία, ανεξάρτητα από το μέγεθός τους, πρέπει να είναι εξοπλισμένα με AIS. Ακολουθώντας αυτούς τους διεθνείς κανονισμούς, η Ευρωπαϊκή Ένωση και οι εθνικές αρχές έχουν επίσης καταστήσει υποχρεωτικό το AIS για τα πλοία που δεν είναι στο SOLAS (π.χ. αλιευτικά σκάφη και σκάφη αναψυχής). [84].

Μέχρι σήμερα, έχουν διεξαχθεί αρκετές μελέτες σχετικά με την ευπάθεια των AIS. Ο Kessler [86] αναφέρει ότι τα τρωτά σημεία στις συχνότητες μετάδοσης VHF του AIS θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε πιθανούς εισβολείς που εμποδίζουν τις μεταδόσεις άλλου

εξοπλισμού, επηρεάζοντας αρνητικά τη διαδικασία συγχρονισμού ή αλλάζοντας τις πληροφορίες κράτησης/κατανομής χρονοθυρίδων. Αυτό θα μπορούσε να οδηγήσει σε πειρατεία στο κοντινό εύρος ζώνης. Οι Goudosis και Katskias [84], καθώς και ο Aziz [87], δήλωσαν ότι τα μηνύματα που αποστέλλονται από AIS είναι ευάλωτα επειδή δεν είναι κρυπτογραφημένα και αυθεντικοποιημένα. Η ευπάθεια του AIS οφείλεται κυρίως στις τεχνικές επιδόσεις του: πρόκειται για ένα σύστημα ανοικτού κώδικα που μεταδίδεται σε κανάλια VHF στη θαλάσσια κυψελοειδή ζώνη. Η ακεραιότητα των δεδομένων που μεταδίδονται από τον αναμεταδότη δεν ελέγχεται ή επαληθεύεται με κάποιο τρόπο - η ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ των σταθμών της υπηρεσίας AIS βασίζεται σε μεγάλο βαθμό στη μετάδοση και τη λήψη RF, γεγονός που καθιστά την υπηρεσία AIS ευάλωτη στον κίνδυνο κακόβουλων μεταδόσεων και χειραγώγησης δεδομένων [46].

Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει την έννοια των υπηρεσιών AIS και την πιθανή ευπάθεια της παραποίησης RF. Ο σταθμός βάσης στο κέντρο της υπηρεσίας AIS έχει σχεδιαστεί για κυβερνητικές υπηρεσίες για τη διαχείριση των VDL και την παροχή συστημάτων κυκλοφορίας σκαφών ευρείας περιοχής (VTS) και παράκτιας επιτήρησης. Αυτοί οι σταθμοί είναι ευάλωτοι σε επιθέσεις, ειδικά εάν κάποιος εκπέμπει ψευδή σήματα AIS, υπερφορτώνει τις χρονοθυρίδες ή παρεμβαίνει ή περιπλέκει τις κανονικές λειτουργίες του σταθμού AIS. Οι συσκευές AIS SAR είναι οι σταθμοί MOB-AIS, EPIRB-AIS και AIS SART. Αυτοί οι σταθμοί χρησιμοποιούν ένα σύστημα φάρου και έχουν σχεδιαστεί για να επιτρέπουν στις μονάδες SAR να εντοπίζουν με μεγαλύτερη ακρίβεια, μεταδίδοντας σήματα κινδύνου μαζί με γεωγραφικές συντεταγμένες. Εκτός από αυτό το πλεονέκτημα, υπάρχει κίνδυνος εξαπάτησης των σταθμών AIS, των υπηρεσιών SAR VTS και του εξοπλισμού, εάν ένας επιτιθέμενος εκπέμπει ψευδή σήματα κινδύνου. Το AtoN (Aid to Navigation) αποτελεί επίσης μέρος της υπηρεσίας AIS, η οποία βελτιώνει την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας, ιδίως στην παράκτια ναυσιπλοΐα με υψηλή πυκνότητα κυκλοφορίας (π.χ. ρηχά νερά, προσεγγίσεις λιμένων, εμπόδια ναυσιπλοΐας).



Σχήμα 7 «Παραπλάνηση ραδιοσυχνοτήτων στους σταθερούς σταθμούς AIS» [46]

Συνοψίζοντας, η παραποίηση του GNSS αποτελεί ένα πρόβλημα ασφάλειας που υφίσταται εδώ και πολλά χρόνια και τώρα αρχίζει να επηρεάζει τη ναυτιλία. Καθώς ο εξοπλισμός και τα συστήματα πλοήγησης βασίζονται όλο και περισσότερο στο GNSS, υπάρχει αυξημένη

ευαισθησία σε πιθανές επιθέσεις παραποίησης. Η ναυτιλιακή βιομηχανία δεν είναι ακόμα σε θέση να αντιμετωπίσει τις κυβερνοεπιθέσεις και η κατάσταση δεν αναμένεται να βελτιωθεί σύντομα. Οι κακόβουλοι εισβολείς στοχεύουν συνεχώς στην ανακάλυψη νέων τρόπων παραβίασης της ασφάλειας των δεδομένων AIS. Εάν τα συστήματα δεν ενισχυθούν κατάλληλα, μπορούν να εμφανιστούν πολλά νέα σημεία εισόδου για κυβερνοεπιθέσεις στο μέλλον. Είναι σημαντικό να μην εξαρτόμαστε αποκλειστικά από το ECDIS και τα συστήματα GNSS για την πλοήγηση, καθώς αυτά είναι ευάλωτα σε επιθέσεις παραποίησης, θέτοντας σε κίνδυνο τη ναυτιλία.

Η παρεμβολή στον εντοπισμό θέσης και την πλοήγηση βασισμένη στο GNSS έχει εξαπλωθεί παγκοσμίως. Για να αντιμετωπιστούν αυτά τα παγκόσμια προβλήματα, απαιτούνται παγκόσμιες λύσεις. Η ναυτιλιακή βιομηχανία πρέπει να πρωτοστατήσει στην αντιμετώπιση αυτών των προκλήσεων, ενώ οι κατασκευαστές πρέπει να διασφαλίσουν την αξιοπιστία, την ανθεκτικότητα και τη λειτουργικότητα των συστημάτων πολλαπλών αισθητήρων. Αυτό απαιτεί συστηματική χρήση μεθόδων που αντιστοιχούν σε αυτές που χρησιμοποιούν οι κακόβουλοι εισβολείς, με δοκιμές που είναι αντίγραφα του πραγματικού συστήματος παραγωγής, προκειμένου να παρέχουν αξιόπιστα αποτελέσματα. Τα σήματα GNSS είναι ουσιαστικά αναγκαία για την ασφαλή και αποτελεσματική ναυτιλία και η υποβάθμισή τους απειλεί την ασφάλεια στη θάλασσα [46].

4.4 Μελέτη συστήματος πλοήγησης για μικρά σκάφη με τη χρήση του AIS

Όπως έχει αναφερθεί και σε προηγούμενο κεφάλαιο, το AIS είναι υποχρεωτικό για τα διεθνή πλοία με χωρητικότητα 300GT και πάνω, καθώς και για τα εγχώρια πλοία με 500GT και άνω. Οι πληροφορίες AIS, που λαμβάνονται από τα υπόλοιπα σκάφη, απεικονίζονται σε συστήματα ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών (ECDIS). Ωστόσο, για να επεκταθεί η κάλυψη του συστήματος και σε μικρότερα σκάφη αναψυχής, έχει αναπτυχθεί το AIS κατηγορίας B, το οποίο προσφέρει απλοποιημένες λειτουργίες και είναι κατάλληλο για σκάφη μικρότερου μεγέθους [47].

Για την ασφαλή πλοήγηση, οι πληροφορίες AIS θα πρέπει να ενσωματώνονται στον εξοπλισμό πλοήγησης, όπως την οθόνη Ραντάρ ή το ECDIS. Το σύστημα πλοήγησης "a-Navi", αναπτυγμένο από το Electronic Navigation Laboratory του Kobe University Graduate School of Maritime Sciences, προσφέρει μια λύση για τη χρήση των πληροφοριών AIS σε μικρότερα σκάφη. Το πρόγραμμα λειτουργεί σε περιβάλλον UNIX και χρησιμοποιεί το Java Communication API για τη λήψη δεδομένων από συσκευές πλοήγησης. Πειράματα πραγματοποιήθηκαν στο σκάφος "KLEINER BERG" του Ινστιτούτου Θαλάσσιων Επιστημών του Πανεπιστημίου Kobe.

Στο Σχήμα 15 παρουσιάζεται η υποδοχή στο πίσω μέρος του αναμεταδότη AIS για το πρότυπο IEC61162-2 που χρησιμοποιείται για την επικοινωνία δεδομένων AIS. Οι πληροφορίες εξόδου από τον αναμεταδότη AIS περιλαμβάνουν τα VDM (VHF Data link Message), VDO (VHF Data link Own Message) και RMC (Recommended Minimum Specific GNSS Data) από τη λειτουργία GPS προς το AIS.



Εικόνα 15 « Πίνακας οργάνων στην καμπίνα κάτω από το κατάστρωμα»[47]



Εικόνα 16 «Σύνδεσμος για το IEC61162-2 για επικοινωνία δεδομένων AIS»[47]

Σε αντίθεση με τα συστήματα AIS μεγαλύτερης κατηγορίας, το AIS Κατηγορίας B δεν παρέχει συνεχή ροή δεδομένων θέσης, περιορίζοντας έτσι τις δυνατότητες παρακολούθησης. Ωστόσο, τα δεδομένα θέσης που παρέχονται από το GPS μέσω του AIS εξάγονται επίσης ως προτάσεις RMC. Τα δεδομένα εξόδου του AIS μεταφέρονται στον υπολογιστή μέσω ενός μετατροπέα RS-422/RS-232C και διαβιβάζονται στο πρόγραμμα διακομιστή μέσω της επικοινωνίας API. Το πρόγραμμα διακομιστή μεταδίδει τα δεδομένα θέσης που προέρχονται από το RMC ως εκπομπή UDP. Αντίστοιχα, η ειδοποίηση VDM αποστέλλεται από το πρόγραμμα διακομιστή χωρίς αλλαγές. Επομένως, οι πληροφορίες για άλλα σκάφη μπορούν να προβληθούν στην οθόνη πλοήγησης. Ο πλοηγός λαμβάνει αυτά τα δεδομένα VDM μέσω ενός τοπικού βρόχου σε ένα εικονικό δίκτυο στον υπολογιστή. Αν υπάρχει σύνδεση με άλλο υπολογιστή στο ίδιο τοπικό δίκτυο, ο πλοηγός σε αυτόν τον υπολογιστή μπορεί επίσης να λαμβάνει αυτά τα δεδομένα και να τα επεξεργάζεται ταυτόχρονα [47].

4.5 Μοτίβο σκάφους από δεδομένα AIS: “Ανίχνευση ανωμαλιών και πρόβλεψη διαδρομής”

Η τεχνολογία των συστημάτων αυτόματης αναγνώρισης (AIS) παρέχει μεγάλο όγκο πληροφοριών σε σχεδόν πραγματικό χρόνο και αυτοματοποιείται όλο και περισσότερο για τη μετατροπή των δεδομένων σε ουσιαστικές πληροφορίες που χρησιμοποιούνται από τους αρμόδιους για τη λήψη αποφάσεων. Για παράδειγμα, το Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών και Πειραμάτων (CMRE) λαμβάνει σήμερα κατά μέσο όρο 600 εκατομμύρια μηνύματα AIS ανά μήνα από πολλαπλές πηγές, με αυτό τον ρυθμό να συνεχίζει να αυξάνεται. Το AIS, αρχικά σχεδιασμένο για την πρόληψη συγκρούσεων πλοίων, μεταδίδει πληροφορίες για τη θέση του κάθε πλοίου με μεταβλητό ρυθμό ενημέρωσης. Πέραν αυτού, παρέχει στατικές και ναυτιλιακές πληροφορίες, καθώς και πληροφορίες σχετικά με το ταξίδι, όπως τον εκτιμώμενο χρόνο άφιξης (ETA, Estimated Time Arrival) και τον προορισμό [48].

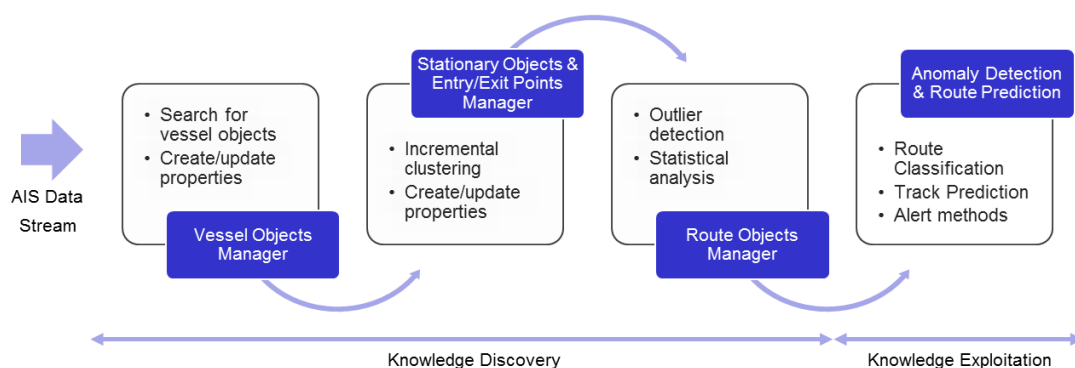
Η διαχείριση των δεδομένων AIS που προέρχονται από πλοία και παράκτιους σταθμούς και διαβιβάζονται σε κεντρικά συστήματα συναντά σημαντικές δυσκολίες, όπως διακοπές στη μετάδοση, παρουσία σφαλμάτων και λανθασμένων αναγνωριστικών, καθιστώντας αναγκαία την προσεκτική επεξεργασία των δεδομένων προκειμένου να αναπτυχθούν αξιόπιστα μοντέλα για την πρόβλεψη της θαλάσσιας κυκλοφορίας.

Η λήψη μηνυμάτων AIS από το διάστημα γίνεται όλο και πιο συχνή, με τα δορυφορικά συστήματα να μπορούν να λαμβάνουν μηνύματα σε ευρύτερες περιοχές, μακριά από την ακτογραμμή. Οι διαστημικοί δέκτες σε δορυφόρους χαμηλής γήινης τροχιάς (LEO) εξασφαλίζουν παγκόσμια κάλυψη, αλλά η βιωσιμότητά τους επηρεάζεται από το χρονικό διάστημα μεταξύ των περάσμάτων τους πάνω από την περιοχή ενδιαφέροντος. Η ενσωμάτωση αυτών των συστημάτων με δεδομένα από επίγειους δέκτες επιφέρει περαιτέρω προκλήσεις, όπως η διαχείριση των ενημερώσεων μεταβλητής συχνότητας και η εξασφάλιση συνέπειας στην κάλυψη.

Η έρευνα επικεντρώνεται στη μετατροπή μεγάλου όγκου δεδομένων AIS σε δεδομένα υποστήριξης αποφάσεων, ανεξάρτητα από τις πηγές δεδομένων και τις περιοχές κάλυψης. Η προσέγγιση αυτή χρησιμοποιεί μια σταδιακή μάθηση για τη δυναμική προσαρμογή στις μεταβαλλόμενες καταστάσεις. Η προτεινόμενη μέθοδος εξαγωγής διαδρομών παρέχει δεδομένα υψηλής ακρίβειας και ενημερότητας, τα οποία προκύπτουν από ρεαλιστικές προσομοιώσεις κυκλοφορίας και αλγόριθμους ανίχνευσης ανωμαλιών. Αυτές οι πληροφορίες ενισχύουν την επίγνωση της κατάστασης στο θαλάσσιο περιβάλλον, διευκολύνοντας την κατανόηση των ναυτιλιακών προτύπων και υποστηρίζοντας τη λήψη αποφάσεων [48].

Η πρόβλεψη της πορείας των πλοίων με βάση τις συμπεριφορές προηγούμενων πλοίων που διέπλευσαν την ίδια διαδρομή είναι μια χρήσιμη διαδικασία που βασίζεται στα δεδομένα θέσης. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό επικίνδυνων περιοχών, όπως οι ζώνες πειρατείας, και τη βελτίωση της παρακολούθησης πλοίων προς τα εμπρός και προς τα πίσω. Η συνδυαστική αξιοποίηση δεδομένων AIS με πληροφορίες από διαστημικά Ραντάρ (οπτικά ή συνθετικά) οδηγεί σε σημαντική αύξηση της ακρίβειας και της αξιοπιστίας των συστημάτων παρακολούθησης θαλάσσιας κυκλοφορίας.

Η ανάλυση της κατανομής και των χαρακτηριστικών της θαλάσσιας κυκλοφορίας, σε συνδυασμό με τη γνώση των μοντέλων των πλοίων, επιτρέπει την βελτιστοποίηση των αλγορίθμων παρακολούθησης και ταξινόμησης που χρησιμοποιούνται σε συστήματα τηλεπισκόπησης, μέσω της ανίχνευσης συνδέσεων κυμάτων από τον ίδιο στόχο και της παροχής προκαταρκτικών πληροφοριών για την ταξινόμηση των πλοίων [48].



Σχήμα 8 «Ροή δεδομένων AIS σε πραγματικό χρόνο»[48]

4.6 Χρήση πρωτοκόλλου για είσοδο στο λιμάνι προορισμού σε συσκευή AIS

Το Automatic Identification System αποτελεί σημαντικό εργαλείο για την ασφάλεια των πλοίων και του περιβάλλοντος, καθώς και για τη διαχείριση της κυκλοφορίας τους. Ο κανονισμός σχετικά με τις απαιτήσεις εγκατάστασης για την πλοήγηση πλοίων καθορίζει τις συσκευές που πρέπει να είναι εγκατεστημένες στα πλοία, με βάση τον τύπο τους και τις δραστηριότητές τους. Το σύστημα AIS παρέχει σημαντικές πληροφορίες για την ασφάλεια και την πλοήγηση των πλοίων στη θάλασσα. Αυτές οι πληροφορίες μπορούν να εμφανίζονται είτε σε μια οθόνη AIS είτε σε μια οθόνη ECDIS. Ο εξοπλισμός AIS συνήθως περιλαμβάνει πομποδέκτες VHF για την ανταλλαγή δεδομένων με άλλα πλοία και σταθμούς, καθώς και συστήματα εντοπισμού θέσης όπως δέκτες GPS και ηλεκτρονικούς αισθητήρες πλοήγησης[49].

Ένα σημαντικό στοιχείο του κανονισμού για το AIS είναι η υποχρέωση των πλοίων που είναι εξοπλισμένα με AIS να διατηρούν το σύστημα σε λειτουργία ανά πάσα στιγμή, εκτός εάν υπάρχουν εξαιρέσεις που ορίζονται από διεθνείς συμφωνίες ή κανονισμούς για την προστασία των ναυτιλιακών πληροφοριών. Ο κανονισμός απαιτεί το AIS:

- να παρέχει αυτόματα πληροφορίες, συμπεριλαμβανομένων της αναγνώρισης του πλοίου, του τύπου, της θέσης, της πορείας, της ταχύτητας, της κατάστασης πλοήγησης και άλλων πληροφοριών που σχετίζονται με την ασφάλεια, σε κατάλληλα εξοπλισμένους σταθμούς ξηράς, άλλα πλοία και αεροσκάφη
- να λαμβάνει αυτόματα τέτοιες πληροφορίες από πλοία που βρίσκονται σε παρόμοια κατάσταση και
- για τον εντοπισμό πλοίων και την ανταλλαγή δεδομένων με εγκαταστάσεις στην ξηρά.

Η εμβέλειά του περιορίζεται από την εμβέλεια των VHF και συνήθως κυμαίνεται στα περίπου 20 ναυτικά μίλια. Επίσης, το AIS προσφέρει καλύτερη κάλυψη πίσω από εμπόδια σε σύγκριση με το Ραντάρ, λόγω της χρήσης σήματος με μεγαλύτερα μήκη κύματος. Οι αξιωματικοί των πλοίων και τα κέντρα ελέγχου θαλάσσιας κυκλοφορίας χρησιμοποιούν το AIS για πολλούς σκοπούς, όπως:

- Πρόληψη συγκρούσεων: Το AIS βοηθά στην παρακολούθηση των πλοίων και στον εντοπισμό πιθανών συγκρούσεων, επιτρέποντας στους αξιωματικούς να λαμβάνουν τα αναγκαία μέτρα πριν από το ενδεχόμενο σύγκρουσης.
- Παροχή πληροφοριών στα παράκτια κράτη: Το AIS μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μετάδοση πληροφοριών σχετικά με τα πλοία και το φορτίο τους στα παράκτια κράτη, βοηθώντας στην ασφάλεια της ναυσιπλοΐας και στην πρόληψη περιβαλλοντικών κινδύνων.
- Μεταφορά από πλοίο σε ξηρά: Το AIS είναι χρήσιμο για τις υπηρεσίες ελέγχου θαλάσσιας κυκλοφορίας για τον συντονισμό και τη διαχείριση των μεταφορών από πλοίο σε ξηρά.

Συνολικά, το AIS συμβάλλει στη βελτίωση της αναγνώρισης των σκαφών, την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας και την αποτελεσματική διαχείριση της θαλάσσιας κυκλοφορίας.

Η επικοινωνία μεταξύ πλοίων και της ξηράς μέσω του AIS είναι ζωτικής σημασίας για την ασφάλεια και την αποτελεσματική διαχείριση της θαλάσσιας κυκλοφορίας. Ωστόσο, η ομοιόμορφη εισαγωγή δεδομένων είναι κρίσιμη για να διασφαλιστεί η ακρίβεια και η σαφήνεια των πληροφοριών που μεταδίδονται.

Ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός προτείνει την υιοθέτηση του κώδικα λιμένων UN/LOCODE ως μια πιθανή λύση στο πρόβλημα της ανομοιομορφίας στην ονοματολογία των λιμένων. Ωστόσο, η ενσωμάτωση του UN/LOCODE στα μηνύματα AIS ενέχει τον κίνδυνο να μην παρέχει επαρκείς και ακριβείς πληροφορίες για συγκεκριμένες εφαρμογές. Η υιοθέτηση ενός νέου, παγκόσμιου πρωτοκόλλου, πιο λεπτομερούς και ακριβούς από το UN/LOCODE, θα αποτελούσε μια πιο ολοκληρωμένη λύση για την ακριβή ταυτοποίηση των προορισμών των πλοίων. Ένα τέτοιο πρωτόκολλο θα διευκόλυνε την αποτελεσματική λειτουργία των χερσαίων συστημάτων παρακολούθησης, μειώνοντας τις πιθανότητες σφαλμάτων και σύγχυσης. Επιπλέον, θα συνέβαλλε στην ενίσχυση της ασφάλειας της ναυσιπλοΐας, υποστηρίζοντας τις επιχειρήσεις έρευνας και διάσωσης [48].

5

Προτεινόμενες Τεχνολογικές Αναβαθμίσεις από την Ερευνητική Κοινότητα

Η θαλάσσια ναυτιλία βρίσκεται σε μια περίοδο ραγδαίων τεχνολογικών αλλαγών, με την επιστημονική κοινότητα να προτείνει πολλές καινοτομίες σε διάφορους τομείς. Αυτές οι προτάσεις καλύπτουν ευρύ φάσμα τεχνολογικών βελτιώσεων, από τα Ραντάρ και τα συστήματα πλοήγησης έως την αξιοποίηση νέων δεδομένων και αλγορίθμων για την ασφάλεια και την απόδοση της θαλάσσιας κυκλοφορίας. Με την ανάπτυξη λογισμικού προσομοιωτών Ραντάρ, την αξιοποίηση δεδομένων AIS και την εφαρμογή νέων αλγορίθμων όπως το GRNN και το Kalman, η παρακολούθηση στόχων γίνεται πιο ακριβής και αξιόπιστη. Ταυτόχρονα, οι τεχνολογίες πλοήγησης αναπτύσσονται με την υποστήριξη του ECDIS και του AIS, ενώ η ανάπτυξη συστημάτων διαχείρισης και αξιολόγησης κινδύνου ενισχύει την ασφάλεια στη θάλασσα. Τέλος, οι νέες προοπτικές στη ναυτιλία επισημαίνουν τη σπουδαιότητα της συνεχούς έρευνας και καινοτομίας για τη δημιουργία ενός ασφαλούς, αποδοτικού και βιώσιμου μέλλοντος στη θάλασσα.

5.1 Τεχνολογίες Ραντάρ στη Θαλάσσια Επιστήμη

Η τεχνολογία των Ραντάρ αναπτύσσεται συνεχώς για να προσφέρει ολοένα και πιο αξιόπιστες και αποτελεσματικές λύσεις στον τομέα της θαλάσσιας επιστήμης. Στο πλαίσιο αυτό, η προοδευτική έρευνα επικεντρώνεται σε πολλαπλές τεχνολογικές προσεγγίσεις, οι οποίες αναδεικνύουν τη σημασία της εξέλιξης στον τομέα αυτόν. Μια πρωτοποριακή μέθοδος βασίζεται

στη δημιουργία ψηφιακών μοντέλων Ραντάρ που αξιοποιούν πραγματικά δεδομένα κίνησης πλοίων για να προσφέρουν ρεαλιστικές προσομοιώσεις. Η σύγκριση της αποτελεσματικότητας των αλγορίθμων GRNN και των αριθμητικών φίλτρων στην παρακολούθηση στόχων σε Ραντάρ θαλάσσιας πλοήγησης αποτελεί ένα ενεργό πεδίο έρευνας, με στόχο την ανάπτυξη πιο ακριβών και αποδοτικών συστημάτων.

Επιπλέον, η τεχνολογία φίλτρου Kalman πολλαπλών αισθητήρων εφαρμόζεται για τη σύντηξη στόχων Ραντάρ, ενώ η νέα προσέγγιση στην παρακολούθηση πλοίου Ραντάρ υψηλής συχνότητας επιδιώκει να αυξήσει την αποτελεσματικότητα και την ακρίβεια των συστημάτων. Τέλος, τα πολλαπλά ωκεανογραφικά Ραντάρ επιφανειακών κυμάτων HF αποτελούν μια εξαιρετική επιλογή για τη θαλάσσια επιστήμη, προσφέροντας πλούσια δεδομένα και επιτρέποντας την πραγματοποίηση πολλαπλών εφαρμογών στον τομέα αυτόν.

Η ενότητα αυτή προσφέρει μια ενδιαφέρουσα επισκόπηση των προηγμένων τεχνολογιών Ραντάρ που εφαρμόζονται στη θαλάσσια επιστήμη, αναδεικνύοντας τη συνεχή εξέλιξη και τη σημασία της έρευνας σε αυτόν τον κρίσιμο τομέα.

5.1.1 Ανάπτυξη προσομοιωτή Ραντάρ με τη χρήση δεδομένων AIS

Οι προσομοιωτές Ραντάρ πλοίων κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης, αποτελούν αποτελεσματικό ρολό στην ασφάλεια της ναυσιπλοΐας, όπως αναφέρεται από τους Nobukazu, Hidenari, Kenji, και Shigeaki [50]. Οι υπάρχοντες προσομοιωτές Ραντάρ απαιτούν δεδομένα από τον περιβάλλοντα χώρο του πλοίου για την προσομοίωση και η υλοποίησή τους απαιτεί μεγάλη προσπάθεια. Συνεπώς, είναι σημαντικό να αντιμετωπιστεί αυτό το ζήτημα και μια πιθανή λύση είναι η αξιοποίηση των δεδομένων AIS. Το προτεινόμενο σύστημα προσομοίωσης Ραντάρ θα εκπληρώνει ταυτόχρονα τις ακόλουθες λειτουργίες

- Δημιουργία και προβολή προσομοιωμένων εικόνων Ραντάρ με βάση τα δεδομένα AIS.
- Εμφάνιση πληροφοριών AIS στην οθόνη του Ραντάρ.

Η προσομοίωση επιτρέπει την εκπαίδευση των πληρωμάτων σε πραγματικά σενάρια πλοήγησης, βελτιώνοντας τις δεξιότητές τους στην αντιμετώπιση ποικίλων καταστάσεων. Επιπλέον, το σύστημα προσομοίωσης Ραντάρ λειτουργεί σε υπολογιστές γενικής χρήσης. Η χρήση δικτύωσης επιτρέπει σε πολλαπλούς χρήστες να συμμετέχουν σε προσομοιώσεις εκπαίδευσης ταυτόχρονα, διευκολύνοντας τη συνεργασία και την ανταλλαγή πληροφοριών.

Η ικανότητα του ναυτικού προσωπικού να αξιολογεί τις συνθήκες και να λαμβάνει κρίσιμες αποφάσεις σε πραγματικό χρόνο είναι απαραίτητη για την ασφαλή λειτουργία ενός πλοίου. Η ακριβής και αποτελεσματική χρήση διαφόρων τύπων πληροφοριών είναι επίσης σημαντική για τη λήψη έγκαιρων αποφάσεων. Τα συστήματα προσομοίωσης Ραντάρ χρησιμοποιούν εξοπλισμό παρόμοιο με αυτόν των πραγματικών πλοίων (Ραντάρ και ARPA) για να προσφέρουν μια ρεαλιστική εκπαιδευτική εμπειρία στην ασφαλή ναυσιπλοΐα. Ωστόσο, οι σημερινοί προσομοιωτές Ραντάρ παρουσιάζουν τα ακόλουθα προβλήματα:

- Απαιτεί εξειδικευμένο και ογκώδη εξοπλισμό, περιορίζοντας τη δυνατότητα λειτουργίας του σε συγκεκριμένες εγκαταστάσεις.
- Απαιτεί σημαντική προσπάθεια για τη συλλογή περιβαλλοντικών δεδομένων.

Τα συστήματα αυτά χρειάζονται τα ακόλουθα χαρακτηριστικά:

- Θα πρέπει να μπορούν να δημιουργούν μεγάλο όγκο ρεαλιστικών δεδομένων που να αντιπροσωπεύουν το θαλάσσιο περιβάλλον γύρω από ένα πλοίο.
- Θα πρέπει να μπορεί να λειτουργεί σε υπολογιστές γενικής χρήσης.
- Θα πρέπει να είναι προσβάσιμο από οποιονδήποτε, οπουδήποτε και οποτεδήποτε για σκοπούς πρακτικής εκπαίδευσης.
- Θα πρέπει να υποστηρίζει παράλληλη συμμετοχή πολλών χρηστών σε ένα δίκτυο, επιτρέποντας ταυτόχρονη εκπαίδευση.
- Η ενσωμάτωση στοιχείων παιχνιδιού μπορεί να βελτιώσει την εμπλοκή και την αποτελεσματικότητα της εκμάθησης.

Τα καταγεγραμμένα δεδομένα AIS μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν για την αναπαράσταση πραγματικών καταστάσεων. Στο πλαίσιο της εκπαίδευσης, η κυκλοφορία των πλοίων σε μια περιοχή μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ένα εργαλείο για την προσομοίωση ρεαλιστικών συνθηκών πλοήγησης.

Ο δέκτης AIS, εξοπλισμένος με κεραία, που βρίσκεται στις εγκαταστάσεις του Ινστιτούτου Θαλάσσιων Επιστημών του Πανεπιστημίου Kobe, συλλέγει τα ραδιοσήματα που μεταφέρουν δεδομένα AIS. Όλα τα δεδομένα που περιέχονται στα ραδιοσήματα καταγράφονται μέσω σειριακής επικοινωνίας (RS-232C) σε υπολογιστή συνδεδεμένο με τον δέκτη AIS. Απαιτούνται περαιτέρω επιστημονικές έρευνες για την βελτίωση του ρεαλισμού των ηχητικών απεικονίσεων των δεδομένων Ραντάρ.

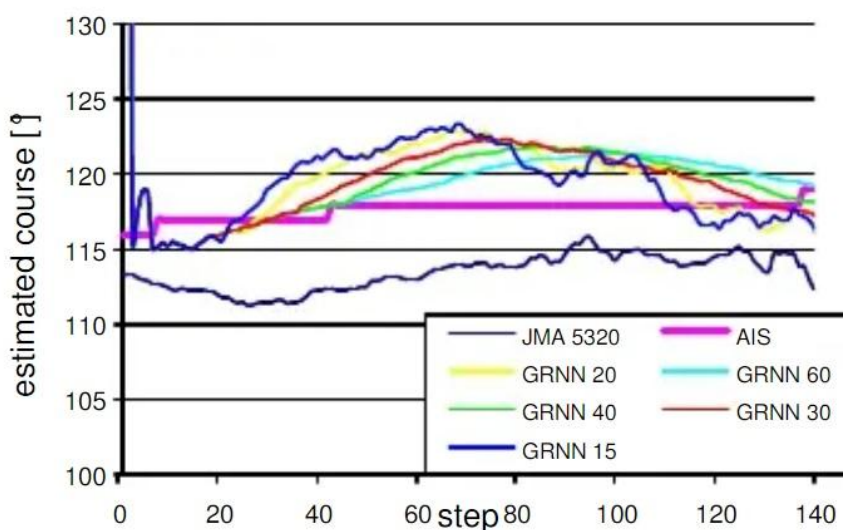
Η αξιολόγηση του προτεινόμενου συστήματος από τους χρήστες είναι επίσης σημαντική. Αυτό σημαίνει ότι θα πρέπει να εντοπιστούν τα λειτουργικά προβλήματα του συστήματος και να βελτιωθεί το σύστημα με βάση τα σχόλια των χρηστών. Το σύστημα δεν προσομοιώνει τις μελλοντικές κινήσεις των σκαφών με βάση τα υπάρχοντα δεδομένα. Αυτό σημαίνει ότι, ακόμη και σε μια κατάσταση όπου δύο σκάφη κινούνται προς σύγκρουση, το σύστημα δεν θα προβλέψει αυτόματα ότι τα σκάφη θα λάβουν αποφυγής μέτρα. Αυτό είναι χρήσιμο για τη βελτίωση των δεξιοτήτων των πλοηγών σε ελιγμούς αποφυγής σε σύγκριση με το σημερινό σύστημα.

5.1.2 Σύγκριση της απόδοσης δικτύων GRNN και αριθμητικών φίλτρων στην παρακολούθηση στόχων σε θαλάσσια Ραντάρ

Η έρευνα των Stateczny και Kazimierski [51] κατέδειξε την κρίσιμη σημασία της ακρίβειας των δεδομένων που παρέχονται από τα Ραντάρ πλοήγησης για την ασφάλεια των ναυτιλιακών επιχειρήσεων. Το Ραντάρ πλοήγησης αποτελεί την κύρια πηγή πληροφοριών για την κίνηση άλλων σκαφών στην περιοχή ενός συγκεκριμένου σκάφους και είναι το κύριο εργαλείο πλοήγησης. Η ακρίβεια αυτών των πληροφοριών είναι απολύτως κρίσιμη, ειδικά υπό συνθήκες περιορισμένης ορατότητας, όπου η ασφάλεια της πλοήγησης εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την αξιόπιστη λειτουργία των συστημάτων εντοπισμού. Στην έρευνα, παρουσιάζονται διάφορες μέθοδοι για την εκτίμηση της κίνησης του σκάφους με Ραντάρ πλοήγησης, συμπεριλαμβανομένων αριθμητικών μεθόδων που βασίζονται στα φίλτρα Kalman και στα νευρωνικά φίλτρα GRNN. Τα φίλτρα Kalman αποδεικνύονται αποτελεσματικά στην εκτίμηση της

κατάστασης ενός στόχου που κινείται γραμμικά, ωστόσο η απόδοσή τους υποβαθμίζεται σημαντικά σε περιπτώσεις όπου οι παράμετροι της κίνησης παρουσιάζουν απότομες μεταβολές.

Από την άλλη πλευρά, τα νευρωνικά φίλτρα GRNN βασίζονται σε γενικά νευρωνικά δίκτυα παλινδρόμησης και χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της κίνησης του στόχου. Τα δίκτυα GRNN, με την κατάλληλη ρύθμιση των παραμέτρων τους, μπορούν να προσαρμοστούν αποτελεσματικά τόσο στην πρόβλεψη ομαλών όσο και δυναμικών κινήσεων, καθιστώντας τα ένα ευέλικτο εργαλείο για την εκτίμηση της κατάστασης. Το παρακάτω διάγραμμα απεικονίζει την εκτίμηση της κατεύθυνσης ενός στόχου κατά τη διάρκεια μιας φάσης ευθύγραμμης κίνησης, πριν από την εκτέλεση ενός ελιγμού. Τα φίλτρα GRNN προσφέρουν μια πιο λογική εκτίμηση της τροχιάς ενός στόχου σε σύγκριση με τα φίλτρα Kalman, καθιστώντας τα ιδιαίτερα κατάλληλα για εφαρμογές σε πραγματικά σενάρια πλοήγησης όπου οι συνθήκες είναι δυναμικές και απρόβλεπτες.



Σχήμα 9 «Εκτίμηση πορείας του στόχου κατά την ευθύγραμμη κίνηση, πριν από την εκτέλεση του ελιγμού»[51]

5.1.3 Επεξεργασία Δεδομένων Θαλασσιών Ραντάρ με Φίλτρο Kalman Πολλαπλών Αισθητήρων

Το Ραντάρ είναι η κύρια πηγή πληροφοριών για τον εντοπισμό στόχων στη θάλασσα και στην ξηρά. Στην ξηρά, ωστόσο, η πολυπλοκότητα των χρησιμοποιούμενων συστημάτων Ραντάρ απαιτεί συγχώνευση δεδομένων για τη βελτιστοποίηση της ασφαλούς κίνησης των πλοίων στο θαλάσσιο πεδίο. Τα ψηφιακά αποτελέσματα απεικονίζονται ως διανύσματα κίνησης, επιτρέποντας την ολοκληρωμένη απεικόνιση της τροχιάς του στόχου σε μια ενιαία οπτικοποίηση. Οι σταθμοί Ραντάρ σχεδιάζονται έτσι ώστε να επικαλύπτονται μεταξύ τους, ώστε να μην χάνονται πληροφορίες ή στόχοι στη στεριά ή στη θάλασσα. Ωστόσο, υπάρχει ενδεχόμενο σύγχυσης εάν ένας χειριστής στη γέφυρα λάβει πολλαπλά διανύσματα κίνησης για τον ίδιο στόχο, οδηγώντας σε αβεβαιότητα σχετικά με την πραγματική τροχιά του στόχου. Επομένως, δεν μπορεί να αποκλειστεί η πιθανότητα απώλειας πληροφοριών από την πτώση ενός αισθητήρα.

Η αλληλεπικάλυψη των πληροφοριών που παρέχουν τα συστήματα AIS και Ραντάρ καθιστά αναγκαία τη συγχώνευση των δεδομένων τους για την εξαγωγή ακριβέστερων συμπερασμάτων. Ως εκ τούτου, κατέστη αναγκαία η ανάπτυξη ενός αλγορίθμου σύντηξης στόχων Ραντάρ με χρήση φίλτρου Kalman και πολλαπλών αισθητήρων. Αν και ο αλγόριθμος επιδιώκει να μειώσει τη σύγχυση, δεν καταφέρνει να επιλύσει εντελώς τα υποκείμενα προβλήματα που αναλύονται παρακάτω. Παρά την κυρίαρχη θέση του φίλτρου Kalman στην εντοπισμό στόχων σε θαλάσσια Ραντάρ, οι πρόσφατες εξελίξεις στα νευρωνικά δίκτυα, όπως αυτές που αναπτύχθηκαν στο Πανεπιστήμιο του Szczecin, προσφέρουν συμπληρωματικές δυνατότητες και ανοίγουν νέους δρόμους σε διάφορους τομείς εφαρμογής.

Η ποικιλία των αλγορίθμων που βασίζονται στο φίλτρο Kalman δεν μειώνει τη σημασία του διανύσματος των κινούμενων στόχων, το οποίο αποτελεί ένα κοινό στοιχείο και περιγράφει τα χαρακτηριστικά των στόχων που παρακολουθούνται, ανεξάρτητα από τη συγκεκριμένη υλοποίηση του αλγορίθμου. Επομένως, η οθόνη του Ραντάρ παρέχει μια απεικόνιση του κινούμενου αντικειμένου, ωστόσο, για την ακριβή αναγνώρισή του και την κατανόηση της κίνησής του, απαιτείται η εισαγωγή ενός μαθηματικού μοντέλου, όπως μια γραμμική εξίσωση κίνησης, και η ενσωμάτωση σχετικών μετρήσεων. Μελέτες έχουν καταδείξει ότι η παρακολούθηση γραμμικής κίνησης στόχου απαιτεί την συλλογή μεγαλύτερου όγκου δεδομένων και την εφαρμογή υψηλότερων συντελεστών εξομάλυνσης πλέγματος. Ωστόσο, όταν ο στόχος βρίσκεται σε κίνηση, τα δίκτυα με μικρότερους συντελεστές εξομάλυνσης μπορεί να φαίνονται καλύτερα. Επομένως, είναι απαραίτητη η συγχώνευση των δεδομένων και από τα δύο δίκτυα (ελιγμών και ευθείας πορείας) για την ταυτόχρονη εκτέλεση και των δύο δικτύων (ελιγμών και ευθείας πορείας).

Τα κύρια προβλήματα που μπορεί να προκαλέσουν σφάλματα στους αλγορίθμους κατά τη συγχώνευση στόχων από διαφορετικούς αισθητήρες Ραντάρ είναι τα εξής

- Συσχέτιση δεδομένων
- Συγχρονισμός δεδομένων
- Συγχρονισμός δεδομένων από Ραντάρ

Καθένα από τα παραπάνω θα αποτελέσει αντικείμενο περαιτέρω έρευνας στο μέλλον. Ιδιαίτερα στο επίπεδο της συσχέτισης δεδομένων, αποτελεί σημαντική πρόκληση η διακριτή ταυτοποίηση στόχων που έχουν υποστεί ελιγμούς, ώστε να αποφευχθεί η εσφαλμένη συγχώνευσή τους. Για την ενσωμάτωση δεδομένων από διαφορετικούς αισθητήρες, προκύπτει το πρόβλημα του θορύβου, το οποίο μπορεί να οδηγήσει σε σφάλματα. Σε ορισμένες περιπτώσεις είναι εύκολο να εξαλειφθεί ο θόρυβος, αλλά σε άλλες δεν είναι δυνατόν.

Τέλος, οι μετασχηματισμοί συντεταγμένων αποτελούν απαραίτητο βήμα για τη συγχώνευση δεδομένων που προέρχονται από διαφορετικά συστήματα αναφοράς, αποτρέποντας την εσφαλμένη συσχέτιση αντικειμένων που εκφράζονται σε διαφορετικές μονάδες μέτρησης. Συνεπώς, είναι προτιμότερο να ορίζεται εξ αρχής ένα συγκεκριμένο σύστημα συντεταγμένων και να μετατρέπονται όλες οι συντεταγμένες του λαμβανόμενου στόχου σε αυτό το σύστημα συντεταγμένων. Τα καρτεσιανά συστήματα συντεταγμένων προτιμώνται έναντι των πολικών για την ευκολία που προσφέρουν στο κεντράρισμα των θέσεων των αισθητήρων. Δεδομένου ότι οι θέσεις των Ραντάρ αναπαρίστανται συνήθως γεωγραφικά στους αλγορίθμους, ο μετασχηματισμός των συντεταγμένων περιλαμβάνει έναν μετασχηματισμό από το γεωγραφικό σύστημα στο τοπικό

τριαξονικό σύστημα (x, y, z) . Αυτό είναι σημαντικό, διότι η συγχώνευση δεν μπορεί να πραγματοποιηθεί εάν οι στόχοι ορίζονται σε διαφορετικά συστήματα συντεταγμένων. Όπως γίνεται αντιληπτό από τα παραπάνω, η συγχώνευση δεδομένων στόχων Ραντάρ είναι ένα εξαιρετικά πολύπλοκο πρόβλημα και απαιτείται περαιτέρω έρευνα, μαζί με την ανάπτυξη νευρωνικών δικτύων για την πρόληψη ατυχημάτων στον τομέα της ναυτιλίας [52].

5.1.4 Νέα προσέγγιση στην παρακολούθηση πλοίου με Ραντάρ υψηλής συχνότητας

Η θαλάσσια επιτήρηση αποτελεί ένα ενεργό πεδίο έρευνας, όπου οι ερευνητές επιδιώκουν διαρκώς την αναβάθμιση των υπαρχόντων συστημάτων και αλγορίθμων, καθώς και την ανάπτυξη καινοτόμων μεθοδολογιών. Η πρόσφατη έρευνα των Braca, Vespe, Maresca και Horstmann [53] επικεντρώνεται στα Ραντάρ HFSW χαμηλής ισχύος, τα οποία έχουν ευρεία χρήση σε εφαρμογές τηλεπισκόπησης όπως η μέτρηση ωκεάνιων ρευμάτων και κυμάτων. Τα Ραντάρ HFSW, παρά την αδιάλειπτη λειτουργία τους και την καταλληλότητά τους για ανίχνευση και εντοπισμό πλοίων, παρουσιάζουν ορισμένα τεχνικά ζητήματα όπως η χαμηλή ανάλυση αζιμούθιου, η υψηλή μη γραμμικότητα και τα υψηλά ποσοστά ψευδών συναγερμών.

Για την αντιμετώπιση των προαναφερθέντων προβλημάτων, εφαρμόζονται προηγμένοι αλγόριθμοι επεξεργασίας σήματος και εντοπισμού πολλαπλών στόχων, όπως η πιθανολογική μέθοδος πολλαπλών υποθέσεων (PMHT), οι συμμετρικές εξισώσεις μέτρησης (SME) και οι μέθοδοι τυχαίων πεδίων Markov. Η έρευνα επικεντρώνεται επίσης στην αντιμετώπιση της δυναμικής των στόχων και την αντιστοίχιση των μετρήσεων του αισθητήρα με το μοντέλο καρτεσιανών συντεταγμένων, βελτιώνοντας την ακρίβεια και την αξιοπιστία των εκτιμήσεων. Τα προηγμένα φίλτρα όπως το εκτεταμένο φίλτρο Kalman, χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία των δεδομένων και την εκτίμηση των κινήσεων των στόχων.

Η έρευνα παρουσιάζει σημαντικές προόδους στον τομέα της θαλάσσιας επιτήρησης, προτείνοντας προηγμένες τεχνικές για τη βελτίωση της απόδοσης και της αξιοπιστίας των Ραντάρ HFSW. Ένας αριθμός προβλημάτων αντιμετωπίζεται με διάφορες προσεγγίσεις. Εκτός από την πρόκληση της εκτίμησης του προσανατολισμού σε μεγάλες αποστάσεις, η απόδοση των συστημάτων επηρεάζεται αρνητικά από παράγοντες όπως η σκίαση, ο θόρυβος μέτρησης και η εξασθένηση του σήματος της κεραίας, οι οποίοι περιορίζουν την ακρίβεια και την αξιοπιστία των αποτελεσμάτων.

Η εφαρμογή του αλγορίθμου JPDA-UKF, σε συνδυασμό με τη σύγκριση των αποτελεσμάτων με τα δεδομένα AIS, επιτρέπει την αξιολόγηση της απόδοσης του Ραντάρ HFSW χαμηλής ισχύος και χαμηλού κόστους, το οποίο, παρά τους περιορισμούς του, αποδεικνύεται ένα αξιόπιστο εργαλείο έγκαιρης προειδοποίησης για εφαρμογές θαλάσσιας επιτήρησης.

5.1.5 Ρύθμιση νευρωνικού δικτύου πολλαπλών μοντέλων για παρακολούθηση στόχων Radar

Η παρακάτω ερευνά πραγματοποιήθηκε από τους Kazimierski, Zaniewicz, και Stateczny [54]. Η παρατήρηση με Ραντάρ αποτελεί την πλέον κρίσιμη πηγή πληροφοριών σχετικά με τις κινήσεις των πλοίων. Ωστόσο, η ποιότητα των λαμβανόμενων δεδομένων διαφέρει σημαντικά ανάλογα με τους εφαρμοζόμενους αλγορίθμους επεξεργασίας σήματος. Τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα φίλτρα είναι τα φίλτρα Kalman και τα πολυτροπικά φίλτρα που περιγράφηκαν

στην προηγούμενη ενότητα. Εναλλακτικά, μια πιο καινοτόμος προσέγγιση είναι η χρήση τεχνητών νευρωνικών δικτύων.

Εδώ αξίζει να αναφέρουμε τα πολυτροπικά νευρωνικά φίλτρα που δημιουργούνται για την παρακολούθηση στόχων χρησιμοποιώντας πραγματικά δεδομένα απευθείας από το πλοίο (on-line πραγματικά δεδομένα) ή καταγεγραμμένα δεδομένα (off-line δεδομένα).

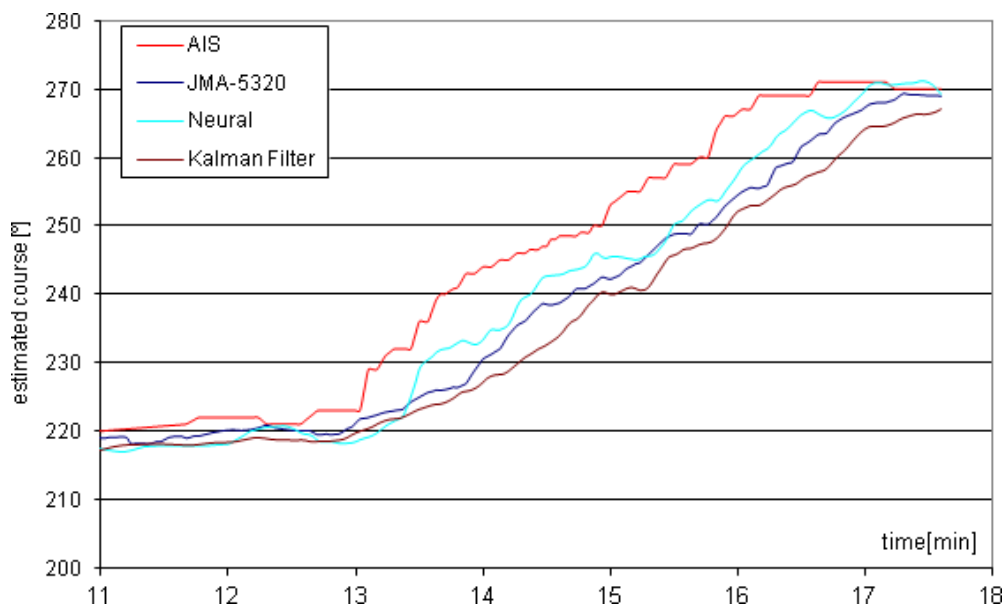
Το φίλτρο που χρησιμοποιείται στην παρούσα μελέτη αποτελείται από διάφορα βασικά νευρωνικά φίλτρα και τα αποτελέσματα προηγούμενων μελετών έχουν δείξει ότι το φίλτρο αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την παρακολούθηση θαλάσσιων στόχων με πλήρη τρόπο και σε καλύτερο βαθμό από το φίλτρο Kalman. Το σύστημα GRNN είναι στην πραγματικότητα μια νευρωνική υλοποίηση ενός αλγορίθμου παλινδρόμησης που βασίζεται σε αυτό.

Τα πραγματικά δεδομένα του Ραντάρ συλλέχθηκαν αρχικά σε ένα σενάριο λειτουργίας του πλοίου εν πλω, χωρίς άμεση επαφή με το Ραντάρ. Στη συνέχεια, τα δεδομένα αυτά υποβλήθηκαν σε επεξεργασία και ανάλυση, χρησιμοποιώντας το Ραντάρ του ΚΚΕρ (JRC, Joint Research Centre) ως εργαλείο αναπαραγωγής και εφαρμόζοντας τα προαναφερθέντα φίλτρα. Από το σύνολο των 40 και πλέον ιχνών που καταγράφηκαν, επιλέχθηκε ένα υποσύνολο για περαιτέρω ανάλυση. Αυτή η διαδικασία επαλήθευσης εκτός σύνδεσης επέτρεψε την αξιολόγηση της επίδρασης των διαφόρων ρυθμίσεων φίλτρων στην ποιότητα της παρακολούθησης των στόχων. Η online φάση πραγματοποιήθηκε με τη χρήση ενός ευρυζωνικού Ραντάρ HYDROGRAF XXI. Αυτό εγκαταστάθηκε επί του σκάφους και πραγματοποιήθηκαν έρευνες σε πραγματικό χρόνο. Και οι δύο φάσεις της μελέτης απαιτούσαν τη συμπλήρωση των δεδομένων του Ραντάρ με πληροφορίες κίνησης που συλλέχθηκαν από άλλους τύπους αισθητήρων, προκειμένου να εξασφαλιστεί μια πιο ολοκληρωμένη εικόνα της ναυτιλιακής κίνησης. Αυτό περιελάμβανε κυρίως επαλήθευση AIS και VHF.

Σε αντίθεση με την προσομοίωση της έρευνας σε πραγματικό χρόνο, σχεδιάστηκε η ιδέα μιας έρευνας εκτός σύνδεσης, όπου οι κινήσεις του σκάφους-στόχου δεν επηρεάζονται. Από όλα τα καταγεγραμμένα κύματα, επιλέχθηκαν αρκετά για να παρέχουν διάφορες καταστάσεις. Τα σενάρια μπορούν να χωριστούν στις ακόλουθες κύριες κατηγορίες:

- Το πλοίο δεν κάνει ελιγμούς.
- Το πλοίο στρίβει αργά και σταθερά.
- Το πλοίο κάνει έντονο ελιγμό αλλά παραμένει στην πορεία του για μικρό χρονικό διάστημα.
- Το πλοίο αλλάζει σημαντικά την πορεία του.

Τα αποτελέσματα της μελέτης επέτρεψαν την επαλήθευση της ποιότητας της παρακολούθησης με τη χρήση του προτεινόμενου νευρωνικού φίλτρου πολλαπλών μοντέλων σύμφωνα με τις απαιτήσεις του IMO. Το παρακάτω διάγραμμα δείχνει την εκτιμώμενη πορεία του STENA BALTICA κατά τη διαδικασία της αλλαγής πορείας. Τα αποτελέσματα του νευρωνικού φίλτρου πολλαπλών μοντέλων παρουσιάζονται σε σύγκριση με το AIS, το Ραντάρ JRC και το φίλτρο Kalman. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι το MMNF (νευρωνικό φίλτρο πολλαπλών μοντέλων, Multiple Model Neural Filter) αντιδρά και παρακολουθεί τους ελιγμούς ταχύτερα και έχει μικρότερα σφάλματα και καθυστερήσεις σε σύγκριση με τα άλλα φίλτρα.



Σχήμα 10 «Αποτελέσματα πειράματος – εκτιμώμενη πορεία για πλοίο που μεταβάλλεται η πορεία του με χρήση διαφορετικών φίλτρων»[54]

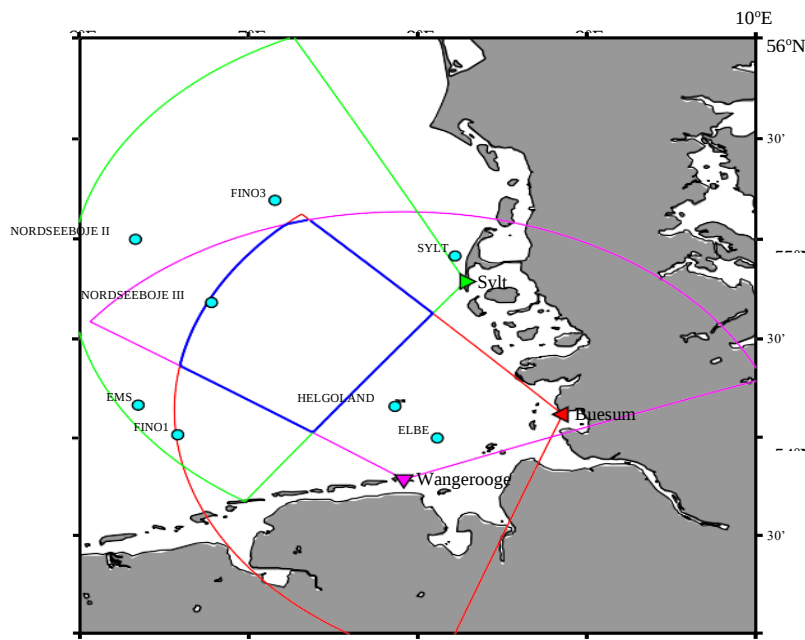
5.1.6 Πολλαπλά ωκεανογραφικά Radar επιφανειακών κυμάτων HF που εφαρμόζονται στη θαλάσσια επιστήμη

Η θαλάσσια επιτήρηση αποτελεί έναν τομέα με μεγάλο ενδιαφέρον για πολλούς οργανισμούς, τόσο εθνικούς όσο και διεθνείς, καθώς καλύπτει ένα ευρύ φάσμα θεμάτων, από την εθνική ασφάλεια έως την προστασία του περιβάλλοντος και τη διαχείριση των πόρων. Για να αξιοποιηθούν επιχειρησιακά οι πληροφορίες που παρέχονται από τους αισθητήρες σε πραγματικό χρόνο, είναι απαραίτητο να συγκεντρώνονται και να επεξεργάζονται με κάποιον τρόπο. Συνεπώς, η συγχώνευση δεδομένων αποτελεί προτεραιότητα.

Οι αισθητήρες μεγάλης εμβέλειας και οι οικονομικώς αποδοτικοί αισθητήρες που λειτουργούν συνεχώς παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον σε αυτό το πλαίσιο. Οι Horstmann, Maresca, Braca και Grasso [55] αναφέρονται σε ένα σύστημα Ραντάρ HFSW χαμηλής ισχύος που εγκαθίστανται κατά μήκος των ακτών για εφαρμογές θαλάσσιας τηλεπισκόπησης, όπως η εκτίμηση των παραμέτρων των ρευμάτων στην επιφάνεια της θάλασσας, των κυμάτων και του ανέμου. Τα συστήματα Ραντάρ αποδεικνύονται ιδιαίτερα αποτελεσματικά στην ανίχνευση και τον εντοπισμό πλοίων χάρη στην ικανότητά τους να ανιχνεύουν στόχους πέρα από τον ορατό ορίζοντα, να παρέχουν συνεχή κάλυψη και να εκτιμούν άμεσα την ταχύτητα των στόχων μέσω του φαινομένου Doppler. Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιου συστήματος είναι το Ραντάρ Wellen (WERA), που αναπτύχθηκε στο Πανεπιστήμιο του Αμβούργου, το οποίο παρέχει βασικές δυνατότητες στρατηγικής παρακολούθησης πολλαπλών στόχων.

Η αξιολόγηση των συστημάτων Ραντάρ HFSW χαμηλής ισχύος για την ανίχνευση και τον εντοπισμό πλοίων πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του πειράματος Battlespace Preparation 2009 (BP09), το οποίο διεξήχθη στη Λιγυρική Θάλασσα. Το CMRE σε συνεργασία με τα Πανεπιστήμια του Αμβούργου και της Πίζας εγκατέστησαν δύο Ραντάρ HFSW για την κάλυψη ενός εκτεταμένου τμήματος της θαλάσσιας περιοχής από το λιμάνι της La Spezia στην Κορσική.

Μια προκαταρκτική στατιστική ανάλυση υποστήριξε την υπόθεση ότι η θαλάσσια διαταραχή μπορεί να μοντελοποιηθεί ως σύνθετη διαδικασία Gauss. Στη συνέχεια, αξιολογήθηκαν διάφορες στρατηγικές ανίχνευσης βασισμένες σε ένα κανονικοποιημένο προσαρμοστικό φίλτρο, οι οποίες επέδειξαν βελτιωμένη απόδοση σε σχέση με την άμεση χρήση των μετρήσεων του αισθητήρα.



Σχήμα 11 «Εγκατάσταση των Radar HFSW στο German Bight και οι περιοχές κάλυψής τους» [55]

Επιπλέον, το Ραντάρ έχει εγκατασταθεί και λειτουργεί στο πλαίσιο του Συστήματος Παρατήρησης Ακτών για τις Βόρειες και Αρκτικές Θάλασσες (COSYNA). Αυτό το σύστημα συνδυάζει παρατηρήσεις και αριθμητική μοντελοποίηση των υδάτων του γερμανικού κόλπου. Το Ραντάρ HFSW μετρά ρεύματα και κυματικές παραμέτρους μεταξύ των αισθητήρων που βρίσκονται σε λειτουργία. Η περιοχή αυτή της Βόρειας Θάλασσας αποτελεί μία από τις πιο πολυσύχναστες στον κόσμο, όσον αφορά τη θαλάσσια κυκλοφορία, παρέχοντας μια μοναδική ευκαιρία για τη μελέτη διαφόρων πτυχών ιδιαίτερου ενδιαφέροντος, όπως οι ελιγμοί των πλοίων και ο μεγάλος όγκος κυκλοφορίας. Τέλος, η ανάλυση των δεδομένων METOC του COSYNA αποκαλύπτει τον σημαντικό ρόλο που διαδραματίζουν οι διάφορες μετεωρολογικές και ωκεανογραφικές παράμετροι στην απόδοση των Ραντάρ HFSW, ιδιαίτερα όσον αφορά την κάλυψη και την ικανότητα ανίχνευσης στόχων. Η ανάλυση αυτή βρίσκεται ακόμη σε εξέλιξη και στο μέλλον θα παρασχεθούν περισσότερα αποτελέσματα.

5.2 Τεχνολογία Πλοήγησης: Καινοτόμες Προσεγγίσεις και Ασφάλεια

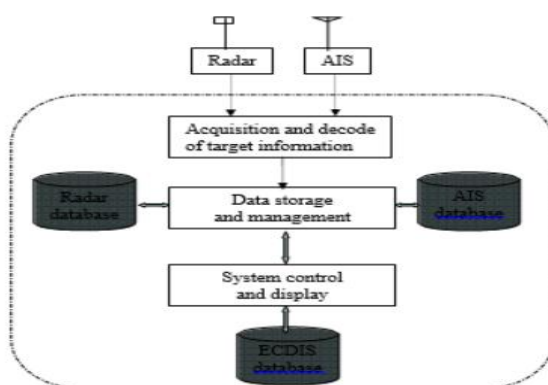
Λιμένων

Η τεχνολογία πλοήγησης αποτελεί ζωτικό κομμάτι της ναυτιλιακής βιομηχανίας, καθώς επιδιώκει τη βελτίωση της ασφάλειας των θαλάσσιων μεταφορών. Σε αυτήν την ενότητα, εξετάζουμε τις καινοτόμες προσεγγίσεις και τις τεχνολογικές αναβαθμίσεις που σχετίζονται με την πλοήγηση στη θάλασσα. Η ανάπτυξη ενός ενιαίου συστήματος πληροφοριών που συνδυάζει τα δεδομένα από Ραντάρ, AIS και ECDIS αποτελεί μια υποσχόμενη προσέγγιση για την ενίσχυση

της ολοκληρωμένης διαχείρισης της ναυσιπλοΐας και την παροχή βελτιωμένων υπηρεσιών πλοήγησης. Επιπλέον, η αξιολόγηση ανθρώπινων παραγόντων στο ECDIS και η διερεύνηση του ρόλου S-Mode στο σύστημα πλοήγησης ECDIS αναδεικνύουν τη σημασία της ανθρώπινης επίδρασης στην απόδοση και την ασφάλεια των συστημάτων. Επιπλέον, η τροποποίηση του ECDIS με χρήση GIS για την ασφάλεια των λιμένων αντιπροσωπεύει μια πρωτοποριακή προσέγγιση που επιδιώκει την ενίσχυση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας των λιμενικών διαδικασιών. Αυτή η ενότητα προσφέρει μια εισαγωγή στις σύγχρονες τεχνολογίες πλοήγησης που αναπτύσσονται για την ασφάλεια των θαλάσσιων μεταφορών και τη βελτίωση των λειτουργιών στους λιμένες.

5.2.1 Ανάπτυξη συστήματος πληροφοριών του ναυτικού Ραντάρ και του AIS με βάση το ECDIS

Το AIS είναι ένας νέος τύπος ναυτιλιακού εξοπλισμού και μαζί με το Ραντάρ αποτελεί σημαντικό εργαλείο για τη διασφάλιση της ομαλής ναυσιπλοΐας των πλοίων. Στην ερευνά των Changchuan, Hai, Lina, Jianwen και Yangping το 2022 [56], τα κύρια ερωτήματα στον τομέα της ναυτιλίας είναι πώς θα αξιοποιηθούν αποτελεσματικά αυτές οι πληροφορίες για τη βελτίωση της ασφάλειας των πλοίων. Ως εκ τούτου, αναπτύχθηκε ένα ολοκληρωμένο σύστημα πληροφοριών με βάση το ECDIS (Σχήμα 12) με τη χρήση της Microsoft SQL 2000. Η δυνατότητα του συστήματος να εμφανίζει τόσο επιφανειακές όσο και υποβρύχιες πληροφορίες, το καθιστά ένα πολύτιμο εργαλείο για την πλήρη κατανόηση του θαλάσσιου περιβάλλοντος και την ασφαλή ναυσιπλοΐα. Το σύστημα διαθέτει μια σειρά λειτουργιών, συμπεριλαμβανομένης της διαχείρισης δεδομένων και των σχεδιασμών πορείας στη θάλασσα. Τα αποτελέσματα των δοκιμών έδειξαν ότι το σύστημα παρουσιάζει εξαιρετική προσαρμοστικότητα, υποστηρίζοντας τους αξιωματικούς καταστρώματος στην παρακολούθηση και εντοπισμό υπεράκτιων στόχων, καθώς και στην ακριβή εκτίμηση του κινδύνου σύγκρουσης.



Σχήμα 12 «Ολοκληρωμένο σύστημα πληροφοριών με βάση το ECDIS»[56]

Τα δεδομένα στόχου που συλλέγονται από τα Ραντάρ και το AIS υποβάλλονται σε επεξεργασία, μετατροπή και αποκωδικοποίηση προτού αποθηκευτούν σε βάσεις δεδομένων Microsoft SQL Server 2000. Οι πληροφορίες που έχουν αποθηκευτεί, συμπεριλαμβανομένου του

βάθους του νερού, παρουσιάζονται εν συνεχεία στο σύστημα ηλεκτρονικών ναυτικών χαρτών (ECDIS). Η εφαρμογή του συστήματος έχει υλοποιηθεί και έχει τις ακόλουθες λειτουργίες:

- a. Συλλογή δεδομένων.
 - Στατικές πληροφορίες στόχου: όνομα στόχου, αριθμός IMO, διακριτικό κλήσης και όνομα πλοίου, συνολικό μήκος και πλάτος, τύπος πλοίου.
- b. Δυναμικές πληροφορίες στόχου:
 - Στόχοι Ραντάρ: απόσταση, ταχύτητα, πορεία, CPA
 - Στόχοι AIS: γεωγραφικό πλάτος, γεωγραφικό μήκος, ταχύτητα, πορεία, βύθισμα, τύπος επικίνδυνου φορτίου, λιμένας άφιξης, χρόνος διέλευσης.
 - Δεδομένα του ίδιου του σκάφους: θέση (γεωγραφικό πλάτος, γεωγραφικό μήκος), ταχύτητα, πορεία, κατεύθυνση, τύπος φορτίου, σχέδιο διαδρομής κ.λπ.
- c. Εμφάνιση πληροφοριών
 - Πληροφορίες ECDIS: Το ECDIS είναι μια σημαντική πλατφόρμα πληροφοριών. Περιέχει πληροφορίες όπως βάθη νερού, αγκυροβόλια, βοηθήματα ναυσιπλοΐας κ.λπ.
 - Εμφάνιση πληροφοριών στόχου: Οι στόχοι AIS και Ραντάρ επικαλύπτονται στο ECDIS.
- d. Διαχείριση δεδομένων
 - Η διαχείριση δεδομένων πραγματοποιείται σε βάσεις δεδομένων και περιλαμβάνει την ενημέρωση, την ανάκτηση, τη διαγραφή και την επιστροφή δεδομένων.
- e. Σχεδιασμός πορείας
 - Ο σχεδιασμός της πορείας, συμπεριλαμβανομένης της περιοδικής προσαρμογής, τροποποίησης, βελτιστοποίησης και αποθήκευσης, πραγματοποιείται εντός του συστήματος.
- f. Επεξεργασία ηλεκτρονικών χαρτών
 - Η επεξεργασία των ηλεκτρονικών χαρτών μπορεί να πραγματοποιηθεί εύκολα στο σύστημα και μπορεί να γίνει με μεγέθυνση/σμίκρυνση αντίστοιχα.

Από τα παραπάνω συμπεραίνεται ότι ο συγκεκριμένος σχεδιασμός ενισχύει σημαντικά την ικανότητα των πλοηγών να κατανοήσουν τις πληροφορίες στόχων και να προβλέψουν με ακρίβεια τις συνθήκες κυκλοφορίας στη θαλάσσια περιοχή.

5.2.2 Αξιολόγηση ανθρώπινων παραγόντων στο ECDIS

Τα τελευταία χρόνια, τα ηλεκτρονικά συστήματα απεικόνισης χαρτών και πληροφοριών έχουν επιφέρει σημαντικές αλλαγές στη ναυσιπλοΐα και έχουν βελτιώσει την ασφάλεια και την αποτελεσματικότητα των ναυτιλιακών επιχειρήσεων- τα ECDIS έχουν τη δυνατότητα να βελτιώσουν την ακρίβεια της ναυσιπλοΐας, να αυξήσουν την επίγνωση των επικίνδυνων καταστάσεων και να μειώσουν τον φόρτο εργασίας των ναυτικών. Για την επαλήθευση των πιθανών επιπτώσεων, χρησιμοποιήθηκαν ειδικά χαρακτηριστικά ενός προσομοιωτή γέφυρας πλοίου σε ένα πλήρες σενάριο αποστολής.

Δύο υπάρχουσες συσκευές ECDIS εγκαταστάθηκαν στη γέφυρα του προσομοιωτή στο Marine Safety International/Computer Aided Operations Research Facility (MSI/CAORF, Marine

Safety International / Computer Aided Operations Research Facility) στη Νέα Υόρκη. Οι δύο συσκευές ECDIS, οι οποίες διαθέτουν διαφορετικές διεπαφές χρήστη και γραφικά, παρασχέθηκαν στους ναυτικούς για να τις ενσωματώσουν με το σύστημα Ραντάρ, να τις αξιολογήσουν και να τις χρησιμοποιήσουν στις καθημερινές τους εργασίες.

Οι συσκευές ECDIS ρυθμίστηκαν ώστε να λειτουργούν σε έναν από τους τρεις διαθέσιμους τρόπους: με αυτόματη ενημέρωση της θέσης και ενσωμάτωση δεδομένων από το Ραντάρ, χωρίς αυτόματη ενημέρωση της θέσης αλλά με ενσωμάτωση δεδομένων από το Ραντάρ, ή με αυτόματη ενημέρωση της θέσης αλλά με δυνατότητα χειροκίνητης παρέμβασης. Με στόχο την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας του συστήματος ECDIS, συλλέχθηκαν δεδομένα σχετικά με τη θέση του πλοίου, τη χρήση των λειτουργιών του συστήματος, τα σφάλματα πλοήγησης, τον φόρτο εργασίας του πληρώματος και τα ναυτικά ατυχήματα. Με αφορμή την πρόσφατη εφαρμογή του ECDIS, οι εμπειρογνώμονες ναυτικοί διοργάνωσαν εκτενείς ενημερωτικές εκδηλώσεις με στόχο τη συλλογή απόψεων, αντιδράσεων και συγκεκριμένων προτάσεων σχετικά με τη χρήση του συστήματος.

Το συμπέρασμα των Smith, Akerstrom-Hoffman, Pizzariello, Siegel, Schreiber, and Gonin, το 1995 [57] είναι πως το ECDIS έχει τη δυνατότητα να βελτιώσει την ασφαλή ναυσιπλοΐα σε σύγκριση με τις συμβατικές διαδικασίες: Η χρήση του ECDIS έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ακρίβειας της ναυσιπλοΐας και τη μείωση του χρόνου που απαιτείται για την ολοκλήρωση των ταξιδιών. Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της μείωσης των αποκλίσεων από την προγραμματισμένη διαδρομή, καθώς και του χρόνου που δαπανάται για την αποφυγή κινδύνων σύγκρουσης.

5.2.3 Βελτίωση της ασφάλειας στη ναυσιπλοΐα μέσω της τυποποίησης του S-Mode στα συστήματα ECDIS

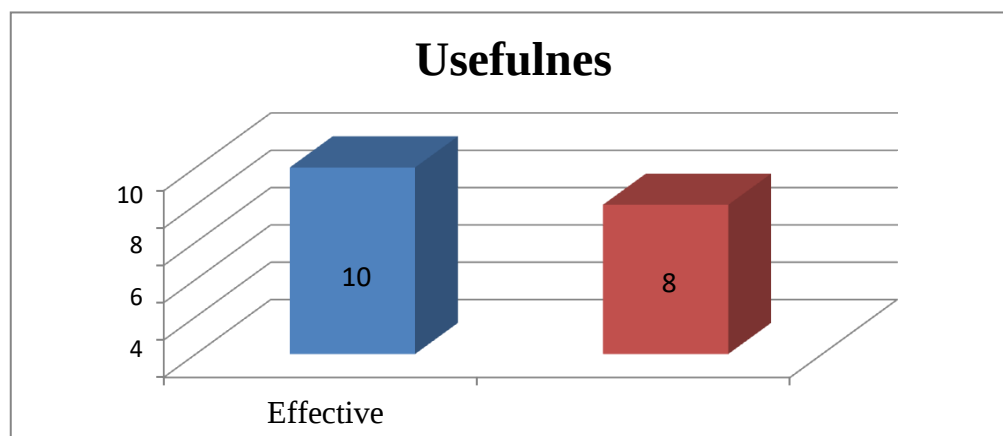
Η ηλεκτρονική πλοήγηση βασίζεται όλο και περισσότερο στην ιδέα του συνδυασμού υφιστάμενων και νέων τεχνολογιών για τη βελτίωση της ασφάλειας πλοήγησης και των εμπορικών επιδόσεων. Υπάρχουν δύο κατηγορίες συστημάτων ηλεκτρονικής απεικόνισης χαρτών. Στη πρώτη κατηγορία είναι τα συστήματα ηλεκτρονικής απεικόνισης χάρτη (ECS), τα οποία χρησιμοποιούνται για την υποβοήθηση της ναυσιπλοΐας. Ωστόσο, τα ECS δεν πληρούν τις απαιτήσεις μετάδοσης χαρτών του IMO/SOLAS (INTERNATIONAL MARITIME ORGANIZATION). Στη δεύτερη είναι το ηλεκτρονικό σύστημα απεικόνισης χαρτών και πληροφοριών (ECDIS), το οποίο πληροί τις απαιτήσεις μετάδοσης χαρτών του Διεθνούς Ναυτιλιακού Οργανισμού (IHO, International Hydrographic Organization).

Εάν και η απόδοση των λειτουργιών του ECDIS S είναι αυστηρά εγγυημένη από τον IMO, οι κατασκευαστές είναι σε θέση να αναπτύξουν περισσότερες λειτουργίες για να τις προσφέρουν στους πλοιοκτήτες. Με την πάροδο του χρόνου, εάν αυτά τα καινοτόμα χαρακτηριστικά διαδοθούν ευρέως και αποδειχθούν αποτελεσματικά, οι πλοιοκτήτες μπορεί να είναι σε θέση να εισέλθουν στη "λειτουργία S" με ελεγχόμενο τρόπο μέσω του IMO. Η επιλογή να χρησιμοποιηθεί μόνο η λειτουργία S ή να αξιοποιηθούν και οι πρόσθετες δυνατότητες των συστημάτων εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την εκπαίδευση και την εμπειρία του πληρώματος. Ενώ η τυποποιημένη λειτουργία προσφέρει ένα ασφαλές πλαίσιο, οι πιο έμπειροι ναυτικοί μπορεί να επιλέξουν να

εκμεταλλευτούν τις καινοτομίες που προσφέρουν τα συστήματα. Η έννοια του S-mode είναι ακόμη υπό ανάπτυξη και οι ναυτιλιακές ενώσεις συνεργάζονται στενά με άλλους φορείς για να διερευνήσουν τις δυνατότητές του και να καθορίσουν τα επόμενα βήματα. Ανεξάρτητα από την τελική υιοθέτηση του S-Mode, τα συστήματα πλοήγησης πρέπει να σχεδιάζονται με τρόπο που να επιτρέπει τόσο την αυτόνομη λειτουργία όσο και τη συνεργασία με τις υπηρεσίες ξηράς, με στόχο την ενίσχυση της ασφάλειας και την μείωση των ανθρώπινων λαθών [16].

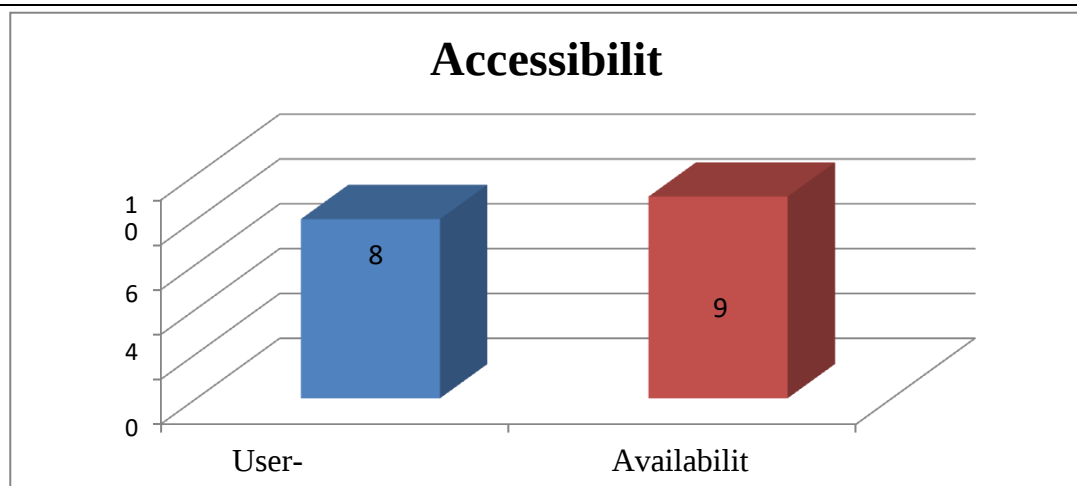
Η λειτουργία S-Mode επιβάλλει σε όλες τις οθόνες πλοήγησης την ύπαρξη ενός συγκεκριμένου κουμπιού που, όταν ενεργοποιηθεί, ενεργοποιεί μια προκαθορισμένη, τυποποιημένη διασύνδεση χρήστη με συγκεκριμένο μενού και στοιχεία ελέγχου. Η λειτουργία S-Mode είναι σχεδιασμένη να είναι φιλική προς τον χρήστη, επιτρέποντας σε κάθε ναυτικό να τη χρησιμοποιήσει αποτελεσματικά μετά από κατάλληλη εκπαίδευση. Ο πλοίαρχος ή η εταιρεία μπορούν να προωθήσουν τη χρήση της λειτουργίας, εφόσον το πλήρωμα αποκτήσει τις απαραίτητες δεξιότητες [88].

Το Σχήμα 10 δείχνει τη σχετική βαρύτητα των δραστηριοτήτων και των αλληλεπιδράσεων του συστήματος. Όπως φαίνεται, υπήρχαν 10 απαντήσεις για τον κωδικό δραστηριότητας και 8 απαντήσεις για τον κωδικό αλληλεπίδρασης. Ένας ερωτώμενος δήλωσε ότι το σύστημα S-Mode πρέπει να είναι αποτελεσματικό, ώστε οι επαγγελματίες να μπορούν εύκολα να αξιολογούν την κατάσταση και ότι η αλληλεπίδραση είναι δύσκολη επειδή το S-Mode είναι ενσωματωμένο στο εργαλείο ECDIS [58].



Σχήμα 13 «Αποτελεσματικότητα και Αλληλεπίδραση S-Mode & ECDIS»[58]

Τέλος, το Σχήμα 11 δείχνει τη σημασία της προσβασιμότητας. Όπως φαίνεται, η προσβασιμότητα έλαβε 9 βαθμούς και η ευκολία χρήσης έλαβε 8 βαθμούς. Ένας ερωτώμενος δήλωσε τα εξής: "Το S-Mode πρέπει να είναι ένα περιβάλλον εργασίας που να είναι εύκολο στη χρήση από το προσωπικό της γέφυρας και όχι δύσκολο στην εκμάθηση και κατανόηση" και "Το S-Mode πρέπει να είναι αξιόπιστο" [58].



Σχήμα 14 «Προσβασιμότητα S-Mode & ECDIS»[58]

5.2.4 Τροποποίηση ECDIS με GIS για την ασφάλεια των λιμένων

Το GIS for Operational Action for port security είναι ένα σύστημα που βασίζεται σε γεωχωρικά δεδομένα υψηλής ακρίβειας για την επιφάνεια και την υποθαλάσσια περιοχή, το οποίο εφαρμόστηκε στην περιοχή του λιμένα Szczecin - Świądziej. Το σύστημα αυτό ("GEO") αναπτύχθηκε στο Ναυτιλιακό Πανεπιστήμιο του Szczecin [59].

Η εξειδικευμένη διεπαφή του συστήματος παρουσίασε προβλήματα από την αρχή, καθιστώντας επιτακτική την ανάγκη για μια νέα προσέγγιση. Λόγω της ποικιλίας των συστημάτων, προτείνεται η ανάπτυξη εξατομικευμένων διεπαφών επικύρωσης για κάθε κατηγορία χρηστών. Ένας από τους χρήστες του συστήματος είναι ένας πλοηγός σε περιπολικό σκάφος που παρακολουθεί τις ακτές και τα λιμάνια από την πλευρά της θάλασσας. Συνεπώς, η πρόκληση είναι να δημιουργηθεί ένα εξειδικευμένο έργο διεπαφής για αυτούς τους χρήστες.

Ως βάση υιοθετείται η διεπαφή ECDIS, η οποία είναι ευρέως γνωστή στους πλοηγούς λόγω του σκοπού και του ευρέος φάσματος εφαρμογών της. Μια τέτοια διεπαφή μπορεί να προσαρμοστεί στις ανάγκες των συστημάτων ασφαλείας GIS- το ECDIS διαθέτει αρκετά βασικά χαρακτηριστικά που είναι χρήσιμα και στο GEO. Η κύρια αλλαγή είναι η εισαγωγή πρόσθετων λειτουργιών σε σύγκριση με τη διεπαφή ECDIS για τη διαχείριση των νέων γραφικών επιπέδων που δημιουργούνται στο σύστημα. Ταυτόχρονα, στις νέες λειτουργίες ενεργοποιούνται πρόσθετες λειτουργίες, όπως επιλογές και λειτουργίες. Ωστόσο, στη διεπαφή παραμένει το ECDIS, ώστε ακόμη και οι νέοι χρήστες να έχουν εύκολη και διαισθητική πρόσβαση στις πρόσθετες λειτουργίες.

Το έργο GEO έχει ως βασικό στόχο τη δημιουργία ενός προηγμένου συστήματος γεωπληροφορικής που θα υποστηρίζει επιχειρησιακές δραστηριότητες που σχετίζονται με την επιτήρηση και την ασφάλεια στο λιμάνι. Το σύστημα αυτό ξεπερνά τα παραδοσιακά συστήματα επιτήρησης, καθώς βασίζεται σε στατικές και δυναμικές ακριβείς γεωγραφικές πληροφορίες.

Το σύστημα αυτό αποτελείται από τρεις βασικές μονάδες:

- Μονάδα Χαρτογράφησης 2D/3D: Αυτή η μονάδα παρέχει ακριβείς χωρικές πληροφορίες του λιμανιού και της περιοχής του, συμπεριλαμβανομένων τοπογραφικών

και βαθυμετρικών δεδομένων, υποδομών, επικοινωνιών, ασφάλειας και δικτύων. Η μονάδα αυτή επιτρέπει την απεικόνιση και αρχειοθέτηση της τρέχουσας κατάστασης, συμπεριλαμβανομένων δυναμικών πληροφοριών για πλοία, επικίνδυνα εμπορεύματα και περιπολίες.

- Μονάδες MEMS (Micro-Electro-Mechanical Systems) και μετάδοσης δεδομένων: Αυτές οι μονάδες επιτρέπουν τη συλλογή και μετάδοση δεδομένων αισθητήρων που κατέχουν τα μέλη της ομάδας ασφαλείας. Αυτό επιτρέπει την ταυτοποίηση και την παρακολούθηση των μελών της ομάδας ασφαλείας, καθώς και την παροχή επικοινωνίας μεταξύ των χρηστών του συστήματος.
- Εργαλεία Πληροφορικής για Χωρικές Αναλύσεις: Αυτά τα εργαλεία παρέχουν εξειδικευμένες χωρικές αναλύσεις για τους χρήστες του συστήματος.

Οι χρήστες του συστήματος μπορούν να διαχωριστούν σε δύο κατηγορίες: ενεργοί και παθητικοί. Οι ενεργοί χρήστες διαχειρίζονται και χρησιμοποιούν το σύστημα, ενώ οι παθητικοί χρήστες παρέχουν μόνο δεδομένα στο σύστημα. Αυτή η δομή επιτρέπει στο κάθε μέλος να έχει πρόσβαση μόνο σε συγκεκριμένες λειτουργίες και πληροφορίες, διασφαλίζοντας την αποτελεσματικότητα και την ασφάλεια του συστήματος.

5.3 Ασφάλεια και Αξιολόγηση Κινδύνου: Νέες Προσεγγίσεις για την Πλοήγηση στη Θάλασσα

Η ασφάλεια και η αξιολόγηση κινδύνου αποτελούν κρίσιμους παράγοντες στη θαλάσσια πλοήγηση. Σε αυτήν την ενότητα, εξετάζουμε δύο προσεγγίσεις που στοχεύουν στη βελτίωση της ασφάλειας στη θάλασσα και τη μείωση των κινδύνων. Αρχικά, εξετάζουμε τη χρήση ηλεκτρονικών διαγραμμάτων σε συνδυασμό με μεθοδολογία αξιολόγησης κινδύνου όταν λειτουργεί το ECDIS. Αυτή η προσέγγιση αποσκοπεί στην αναγνώριση και την αντιμετώπιση των κινδύνων πλοήγησης με στόχο τη βελτίωση της ασφάλειας των θαλάσσιων μεταφορών. Στη συνέχεια, εξετάζουμε ένα σύστημα πλοήγησης πλοίων που βασίζεται στο Lidar (Light Detection And Ranging) και στην παρακολούθηση στόχων. Αυτή η προσέγγιση εστιάζει στη χρήση της τεχνολογίας Lidar για την αποτελεσματική παρακολούθηση των πλοίων και των εμπορευμάτων τους, με στόχο τη βελτίωση της ασφάλειας και τη μείωση του κινδύνου ατυχημάτων στη θάλασσα.

5.3.1 Ηλεκτρονικά διαγράμματα – Χρήση μεθοδολογίας αξιολόγησης κινδύνου όταν λειτουργεί το ECDIS

Η MCA το 2005 [60] επέβαλε την εγκατάσταση των ηλεκτρονικών συστημάτων χαρτογράφησης, διότι θεωρείται πλέον από τα σημαντικότερα συστήματα για την σωστή και ασφαλή πλοήγηση. Η τρέχουσα τάση για τα νέα πλοία είναι η εγκατάσταση ολοκληρωμένων συστημάτων, συμπεριλαμβανομένων των συστημάτων ηλεκτρονικής απεικόνισης χαρτών και πληροφοριών στη γέφυρα.

Το ECDIS μπορεί να υποστηρίξει τόσο τους ναυτικούς χάρτες ράστερ (RNC) όσο και τους ηλεκτρονικούς ναυτικούς χάρτες (ENC). Το πρότυπο επιδόσεων του IMO για τα ECDIS σε λειτουργία Raster Chart Display System (RCDS), αν και αναγνωρίζει τη σημασία της συμπληρωματικής χρήσης χαρτών, αφήνει ένα σημαντικό κενό όσον αφορά την καθορισμό των συγκεκριμένων χαρακτηριστικών και προδιαγραφών που πρέπει να πληρούν αυτοί οι χάρτες. Η έλλειψη σαφών κατευθυντήριων γραμμών δημιουργεί ένα περιβάλλον αβεβαιότητας και δυσχεραίνει την επιλογή των κατάλληλων χαρτών από τις ναυτιλιακές εταιρείες. Επιπλέον, η έλλειψη εναρμόνισης στις πρακτικές που ακολουθούνται από τις διάφορες ναυτιλιακές αρχές μπορεί να οδηγήσει σε ασυνέπειες στην εφαρμογή του προτύπου και να υποβαθμίσει την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας.

Η ισχύουσα πολιτική της MCA επιβάλλει την εκπόνηση ανάλυσης κινδύνου ως προϋπόθεση για την έγκριση της χρήσης ηλεκτρονικών χαρτών σε συστήματα ECDIS που λειτουργούν σε κατάσταση RCDS, με στόχο την αξιολόγηση των πιθανών επιπτώσεων στην ασφάλεια της ναυσιπλοΐας. Η ανάλυση της ανατροφοδότησης από τον κλάδο υποδεικνύει ότι η προτεινόμενη μεθοδολογία για την αξιολόγηση κινδύνου είναι αποδεκτή. Συνιστάται η έκδοση επίσημων κατευθυντήριων γραμμών από την MCA, οι οποίες θα καθορίζουν τις λεπτομέρειες της διαδικασίας αξιολόγησης, με στόχο την εξασφάλιση της ομοιομορφίας και της αποτελεσματικότητας των ελέγχων. Επομένως, ο κύριος στόχος είναι η ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου πλαισίου που θα περιλαμβάνει συμβουλές και κατευθυντήριες γραμμές για την επιλογή και εφαρμογή κατάλληλων μεθόδων αξιολόγησης κινδύνου, καλύπτοντας όλες τις φάσεις της λειτουργίας των συστημάτων ECDIS σε κατάσταση RCDS, από την αρχική διαμόρφωση μέχρι την καθημερινή λειτουργία, με σκοπό την ενίσχυση της ασφάλειας της ναυσιπλοΐας.

Η διαδικασία εκτίμησης κινδύνου θα πρέπει να διευκολύνει την επιλογή του βέλτιστου επιπέδου ναυτικού χάρτη για την ενσωμάτωση στο ηλεκτρονικό σύστημα ναυσιπλοΐας, λαμβάνοντας υπόψη παράγοντες όπως το μέγεθος του πλοίου, το βύθισμα, τα υδρογραφικά χαρακτηριστικά των περιοχών πλεύσης και τις απαιτήσεις των σχετικών κανονισμών. Επιπλέον, η εκτίμηση κινδύνου θα πρέπει να αποτελέσει τη βάση για την ανάπτυξη ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης της ασφάλειας της πληροφορίας, το οποίο θα περιλαμβάνει λεπτομερείς οδηγίες για το πλήρωμα σχετικά με τη σωστή χρήση των ηλεκτρονικών χαρτών και τη διαχείριση των σχετικών κινδύνων.

5.3.2 Σύστημα πλοήγησης πλοίων που βασίζεται στο Lidar και την παρακολούθηση στόχων για βελτιωμένη ασφάλεια

Ο Jimenez and Seco το 2009 [61] παρουσιάζουν ένα καινοτόμο σύστημα αποφυγής εμποδίων που αξιοποιεί τη τεχνολογία laser, προσφέροντας υψηλή ακρίβεια και ευελιξία στις ναυτικές επιχειρήσεις, τόσο σε θαλάσσιες όσο και σε αμφίβιες εφαρμογές. Η συνεχής παρακολούθηση που επιτυγχάνεται μέσω της εφαρμογής ανθεκτικών φίλτρων Kalman καθιστά το σύστημα ιδιαίτερα αξιόπιστο, ακόμη και σε περιβάλλοντα με υψηλό επίπεδο θορύβου, όπως οι ανοιχτές θάλασσες και τα εσωτερικά ύδατα, προσφέροντας σημαντικά πλεονεκτήματα σε ό,τι αφορά την ακρίβεια και την αποτελεσματικότητα των ναυτιλιακών εργασιών σε σύγκριση με τις παραδοσιακές τεχνικές που βασίζονται σε Ραντάρ.

Τα σύγχρονα πλοία είναι εξοπλισμένα με προηγμένα βοηθήματα πλοήγησης που επικεντρώνονται κυρίως στον εντοπισμό της θέσης των πλοίων, στην αποτελεσματική επικοινωνία μεταξύ τους και στην εξερεύνηση του περιβάλλοντος. Συστήματα τηλεπικοινωνιών όπως το Παγκόσμιο Σύστημα Θαλάσσιου Κινδύνου και Ασφάλειας (GMDSS) ή το Σύστημα Αυτόματης Αναγνώρισης (AIS) παίζουν έναν κρίσιμο ρόλο στην επικοινωνία με την Υπηρεσία Κυκλοφορίας Πλοίων ή άλλα γειτονικά πλοία. Συσκευές εξερεύνησης όπως τα Ραντάρ και οι μετρητές βάθους είναι χρήσιμες για την αξιολόγηση του περιβάλλοντος του πλοίου.

Σήμερα, σε περιβάλλοντα με έντονη ναυτιλιακή κίνηση, τα συστήματα VTS λειτουργούν ως κεντρικά συστήματα ελέγχου, διαχειριζόμενα την είσοδο και την έξοδο των πλοίων μέσω της καθοριστικής χρονικής διαχείρισης και της παροχής εξατομικευμένων οδηγιών πλοήγησης, με στόχο την αποφυγή συγκρούσεων και ατυχημάτων. Η μη συμμόρφωση ενός πλοίου με τις διαδικασίες εισόδου σε μια ζώνη VTS και η έλλειψη προγραμματισμού της κίνησής του μπορεί να οδηγήσει σε σημαντική υποβάθμιση της αποτελεσματικότητας των συστημάτων ελέγχου της ναυσιπλοΐας, αυξάνοντας τον κίνδυνο συγκρούσεων και υπονομεύοντας την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας στην περιοχή. Η πυκνή ναυσιπλοΐα και οι απαιτητικοί ελιγμοί σε περιορισμένα ύδατα υπερβαίνουν τις δυνατότητες των συμβατικών Ραντάρ, καθιστώντας την ανίχνευση κινδύνων ιδιαίτερα δύσκολη και αυξάνοντας τον κίνδυνο συγκρούσεων.

Η χρήση του Ραντάρ στη ναυσιπλοΐα αποτελεί σημαντικό εργαλείο για τον εντοπισμό εμποδίων και πλοίων, συμβάλλοντας στην ασφαλή ναυσιπλοΐα και στην αποφυγή συγκρούσεων. Ωστόσο, τα αποτελέσματα της έρευνας υποδεικνύουν την ανάγκη ανάπτυξης ενός προηγμένου συστήματος ανίχνευσης, το οποίο θα διαθέτει υψηλή χωρική ανάλυση σε μικρές αποστάσεις, τόσο στην αξονική όσο και στην πλαϊνή διάσταση, καθώς και δυναμική προσαρμογή στις μεταβαλλόμενες συνθήκες του περιβάλλοντος.

Ειδικότερα, δεδομένου ότι οι συγκρούσεις συχνά συμβαίνουν σε καλές καιρικές συνθήκες με καλή ορατότητα, η ανάπτυξη ενός προηγμένου συστήματος εξερεύνησης που να λειτουργεί σε μικρές αποστάσεις (0 έως 500 μέτρα) είναι ζωτικής σημασίας για την αύξηση της ασφάλειας στη θάλασσα. Ένα τέτοιο σύστημα θα επέτρεπε την πιο ακριβή παρακολούθηση του περιβάλλοντος, επιτρέποντας στα πλοία να ανιχνεύουν πιθανούς κινδύνους ακόμη και σε πολύ κοντινές αποστάσεις και να λαμβάνουν έγκαιρα μέτρα πρόληψης.

Το LIDAR (Light Detection And Ranging) είναι η τυπική τεχνική μέτρησης αποστάσεων παρόμοια με το Ραντάρ αλλά χρησιμοποιεί φως αντί για ραδιοκύματα. Τα συστήματα LIDAR, γνωστά επίσης ως LADAR (Laser Detection And Ranging), χρησιμοποιούν λέιζερ ως πηγή φωτός. Τα συστήματα LIDAR είναι πιο ευαίσθητα από τα Ραντάρ και έχουν πολύ υψηλή πλευρική ανάλυση. Το μειονέκτημα της τρέχουσας τεχνολογίας LIDAR είναι ότι η ολοκλήρωση μιας εικόνας διαρκεί περισσότερο λόγω της σύγκρουσης μεταξύ του ρυθμού ενημέρωσης και της ανάλυσης. Τα Lidar επόμενης γενιάς με Focal Plane Array (FPA) χωρίς σαρωτή στοχεύουν στη μείωση αυτού του χρόνου απόκτησης.

Οι δοκιμές που πραγματοποιήθηκαν στον ποταμό Neckar κατέδειξαν την αποτελεσματικότητα του συστήματος Ladar στον εντοπισμό και την αποφυγή εμποδίων σε περιορισμένες υδάτινες περιοχές, όπως ο ποταμός Neckar με τις χαμηλές γέφυρες και τα στενά κανάλια του. Η ευελιξία και η ακρίβεια του συστήματος επέτρεψαν την αντιμετώπιση διαφόρων συνθηκών και την πρόληψη ατυχημάτων, ενισχύοντας έτσι τη γενική ασφάλεια της ναυσιπλοΐας.

Τα αποτελέσματα αυτά επιβεβαιώνουν την αξιοπιστία και την αποτελεσματικότητα του συστήματος Ladar σε διάφορες θαλάσσιες συνθήκες και επιβεβαιώνουν την αξία του για την ασφαλή ναυσιπλοΐα.

5.4 Ενοποίηση Δεδομένων και Υποστήριξη Λήψης Αποφάσεων στη Θαλάσσια Ναυτιλία

Η ενοποίηση δεδομένων και η υποστήριξη λήψης αποφάσεων αποτελούν ουσιώδεις παράγοντες για τη βελτίωση της ασφάλειας και της απόδοσης στη θαλάσσια ναυτιλία. Σε αυτήν την ενότητα, εξετάζουμε δύο προσεγγίσεις που αποσκοπούν στη βελτίωση της διαχείρισης δεδομένων και στην υποστήριξη λήψης αποφάσεων στον τομέα της θαλάσσιας ναυτιλίας. Αρχικά, εξετάζουμε την υποστήριξη αποφάσεων βασισμένη στο τεχνητό σμήνο ψαριών για την αποφυγή σύγκρουσης πλοίων με βάση τα δεδομένα AIS. Αυτή η προσέγγιση χρησιμοποιεί προηγμένες τεχνολογίες τεχνητής νοημοσύνης και αναλυτικής επεξεργασίας δεδομένων για την αναγνώριση πιθανών συγκρούσεων και τη λήψη επίκαιρων και αποτελεσματικών αποφάσεων που αυξάνουν την ασφάλεια στη θάλασσα. Στη συνέχεια, εξετάζουμε τις υποδομές θαλάσσιων χωρικών δεδομένων στην Ελλάδα. Αυτή η προσέγγιση επικεντρώνεται στη δημιουργία ενός ολοκληρωμένου συστήματος διαχείρισης και ανάλυσης δεδομένων για την καλύτερη κατανόηση και τη λήψη αποφάσεων σχετικά με τη θάλασσα και τη θαλάσσια ναυτιλία στην Ελλάδα.

5.4.1 Λήψη αποφάσεων βασισμένη σε τεχνητό σμήνος ψαριών για την αποφυγή σύγκρουσης πλοίων από δεδομένα AIS

Στην ερευνά των Peng, Guoyou, Shuang και Yuanqiang [62], αναφέρουν πως για το πρόβλημα της παρακολούθησης του ECDIS, έχουν εφαρμοστεί πολλοί αλγόριθμοι τεχνητής νοημοσύνης για την πρόληψη ναυτικών ατυχημάτων. Για την παροχή έγκαιρης προειδοποίησης και αποφυγής συγκρούσεων για τα πλοία που χρησιμοποιούν ECDIS, προτείνεται ένας αλγόριθμος λήψης αποφάσεων που βασίζεται σε τεχνητό πληθυσμό ψαριών από δεδομένα AIS. Τα ακατέργαστα δεδομένα AIS, τόσο τα ιστορικά όσο και τα πραγματικού χρόνου, υφίστανται μια διαδικασία προεπεξεργασίας με στόχο την απομάκρυνση των πλεονασμών και των ανωμαλιών, όπως οι εκτός ορίων τιμές ή οι διπλότυπες καταγραφές, προκειμένου να εξασφαλιστεί η ποιότητα των δεδομένων που θα χρησιμοποιηθούν στις επόμενες φάσεις ανάλυσης. Χρήση γενετικών αλγορίθμων και αλγορίθμων τεχνητών πληθυσμών ψαριών για τον προσδιορισμό της βέλτιστης γωνίας στροφής αποφυγής, του χρόνου αποκατάστασης πλοήγησης και της γωνίας αποκατάστασης πλοήγησης για την οικονομικά μικρότερη απόσταση αποφυγής σύγκρουσης σύμφωνα με τους διεθνείς κανονισμούς για την πρόληψη των συγκρούσεων στη θάλασσα (COLREGS) και την πλατφόρμα ECDIS που βασίζεται στο μέτωπο του Τμήματος Ναυτικής Ασφάλειας. Τα αποτελέσματα προσομοίωσης προσπέρασης και διέλευσης αποδεικνύουν ότι ο αλγόριθμος μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά και παρέχει μια βέλτιστη διαδρομή χωρίς ατυχήματα.

Ως ένας αλγόριθμος συνεχούς βελτιστοποίησης, ο AFSA (Artificial Fish Swarm Algorithm) αξιοποιεί την αρχή της συλλογικής νοημοσύνης, μιμούμενος τη συμπεριφορά των ψαριών σε σμήνη, για να εντοπίσει τις βέλτιστες λύσεις σε ένα ευρύ φάσμα προβλημάτων. Ο αλγόριθμος προσομοιώνει τη διαδικασία αναζήτησης τροφής, τη μετανάστευση και τον τρόπο με τον οποίο τα ψάρια αντιμετωπίζουν τον κίνδυνο. Η αλληλεπίδραση των ψαριών σε ένα κοπάδι οδηγεί σε μια συλλογική νοημοσύνη που εκδηλώνεται σε πολύπλοκες κοινωνικές συμπεριφορές. Η ταχύτητα, η ευελιξία και η ακρίβεια του AFSA τον καθιστούν ένα ισχυρό εργαλείο για την επίλυση σύνθετων προβλημάτων στον τομέα του σχεδιασμού υποδομών.

Οι τέσσερις παράμετροι που πρέπει να κωδικοποιηθούν είναι οι εξής:

- Το χρονικό διάστημα κατά το οποίο το πλοίο επιστρέφει στο σημείο αποφυγής πορείας μιας τροπικής καταιγίδας. Η αλλαγή πορείας πρέπει να πραγματοποιηθεί εντός αυτού του χρονικού διαστήματος, δηλαδή πριν από την τελευταία αλλαγή πορείας για την αποφυγή σύγκρουσης.
- Αλλαγή πορείας αποφυγής σύγκρουσης. Αυτή η αλλαγή πορείας πρέπει να επιτρέπει στο πλοίο να περάσει τον στόχο με ασφάλεια.
- Ο χρόνος μεταξύ της αλλαγής πορείας και της επανάληψης της πλοήγησης. Μετά την αλλαγή πορείας, το σκάφος πρέπει να παραμείνει εν πλω για τουλάχιστον μερικά λεπτά πριν μπορέσει να συνεχίσει την πλεύση.
- Αλλαγή πορείας κατά την επανάληψη της ναυσιπλοΐας. Αλλαγή πορείας για την αποφυγή νέων επικίνδυνων καταστάσεων προκειμένου να επιστρέψει στην αρχική πορεία πλεύσης.

Η παρούσα έρευνα στοχεύει στην ανάπτυξη ενός συστήματος παρακολούθησης της πορείας των πλοίων βασισμένου στο ECDIS, το οποίο θα αξιοποιήσει αλγόριθμους ανάλυσης δεδομένων σε πραγματικό χρόνο για την πρόβλεψη πιθανών συγκρούσεων και την παροχή έγκαιρων συναγερμών, με στόχο την ενίσχυση της ασφάλειας της ναυσιπλοΐας και την υποστήριξη της λήψης αποφάσεων από τους πλοηγούς. Ως εκ τούτου, τα τελικά αποτελέσματα των προσομοιώσεων της προ-κατάστασης με βάση την πλατφόρμα ECDIS, τις καταστάσεις προσπέρασης και προσπέρασης αποδεικνύουν ότι ο αλγόριθμος μπορεί να χρησιμοποιηθεί αποτελεσματικά για τη βελτιστοποίηση των διαδρομών αποφυγής σύγκρουσης και ότι αξίζει τον κόπο να παρέχει τις βέλτιστες παραμέτρους της διαδρομής αποφυγής σύγκρουσης.

5.4.2 Υποδομές θαλάσσιων χωρικών δεδομένων στην Ελλάδα

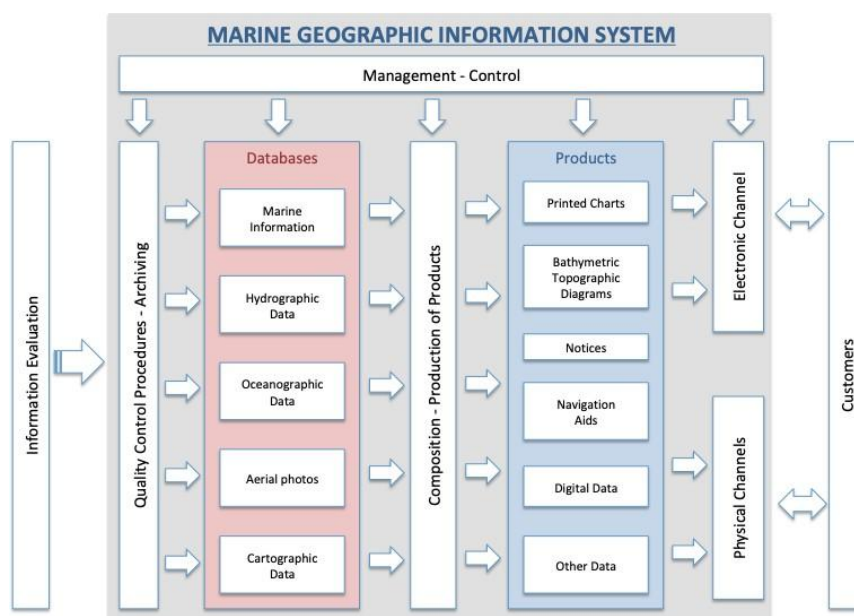
Η μελέτη των Κονταρίνης, Νάκος και Παλλικάρης το 2018 [63] εξετάζει τη σκοπιμότητα δημιουργίας μιας Εθνικής Υποδομής Θαλάσσιων Χωρικών Δεδομένων (MSDI) στην Ελλάδα, ακολουθώντας τις συστάσεις του Διεθνούς Υδρογραφικού Οργανισμού (IHO) και μελετώντας τα παγκόσμια πρότυπα, τις τεχνολογίες και τις πρακτικές παρόμοιων έργων σε όλο τον κόσμο. Το προτεινόμενο πλαίσιο MSDI υιοθετεί βέλτιστες πρακτικές της ΕΕ, όπως το Ευρωπαϊκό Πλαίσιο Εναρμόνισης για τις ηλεκτρονικές υπηρεσίες του δημόσιου τομέα. Επιπλέον, προτείνεται μια κατάλληλη αρχιτεκτονική υλοποίησης παρόμοια με το έργο Maritime Connectivity Platform, μια νέα πρωτοβουλία του προγράμματος e-Navigation του ΔΝΤ. Η έρευνα καταδεικνύει ότι οι Συμπράξεις Δημόσιου και Ιδιωτικού Τομέα (ΣΔΙΤ) που εστιάζουν στην παροχή υπηρεσιών είναι απαραίτητες για την μακροπρόθεσμη ανάπτυξη και βελτίωση των υπηρεσιών του δημόσιου τομέα

στον τομέα της ναυτιλίας, καθώς και για την προσέλκυση ιδιωτικών επενδύσεων. Σήμερα, ο ναυτιλιακός τομέας αποτελεί σημαντικό μέρος της ελληνικής οικονομίας, με πλοιοκτήτες που ελέγχουν πάνω από το 16% του παγκόσμιου στόλου και τον θαλάσσιο τουρισμό ως σημαντικό παράγοντα ανάπτυξης.

Γεωγραφικά, η Ελλάδα περιβάλλεται από το Αιγαίο Πέλαγος και το Ιόνιο Πέλαγος, τα οποία ανήκουν στη λεκάνη της Μεσογείου. Οι θαλάσσιες δραστηριότητες βρίσκονται στην πολιτική ατζέντα της Ευρωπαϊκής Επιτροπής και της ελληνικής κυβέρνησης και ο θαλάσσιος τουρισμός θεωρείται μοχλός οικονομικής ανάπτυξης.

Η υλοποίηση του Εθνικού Συστήματος Διαχείρισης Χωρικών Δεδομένων (MSDI) συναντά προκλήσεις λόγω της μεγάλης ακτογραμμής, του αριθμού των νησιών και των ιδιοτεροτήτων του βυθού, απαιτώντας σύνθετες και δύσκολες δραστηριότητες όπως η χαρτογράφηση του ελληνικού θαλασσιού χώρου. Η διαθεσιμότητα γεωγραφικών ή χωρικών πληροφοριών αναγνωρίζεται ως σημαντική υποδομή για τη σύγχρονη κοινωνία. Οι χωρικές πληροφορίες χρησιμοποιούνται σε πολλούς τομείς, όπως η αντιμετώπιση καταστάσεων έκτακτης ανάγκης, ο σχεδιασμός χρήσης γης και η λήψη αποφάσεων σε διάφορα επίπεδα διακυβέρνησης και κοινωνικού συστήματος.

Το Εθνικό Σύστημα Δεδομένων Χωρικής Πληροφορίας (MSDI) αποτελεί ένα σημαντικό συστατικό της Υποδομής Δεδομένων Χωρικών Πληροφοριών (SDI) και παρέχει πληροφορίες που αφορούν τη θαλάσσια περιοχή. Αυτές οι πληροφορίες καλύπτουν διάφορους τομείς, συμπεριλαμβανομένων των θαλάσσιων συνόρων, των οικοτόπων και της γεωλογίας. Οι πληροφορίες αυτές υποστηρίζουν αποφάσεις σε πολλούς τομείς και συνεισφέρουν στη συνολική ανάπτυξη. Ειδικότερα, κατά μήκος της ακτογραμμής, το MSDI συγκεντρώνει δεδομένα που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή. Αυτά τα δεδομένα περιλαμβάνουν παραμέτρους όπως η στάθμη της θάλασσας, η συχνότητα των καταιγίδων, η ενέργεια των κυμάτων και άλλα που σχετίζονται με τις καιρικές συνθήκες και την κλιματική δυναμική. Οι πληροφορίες αυτές αποτελούν κρίσιμο στοιχείο για την επιτυχή διαχείριση των ακτών, την προστασία των παράκτιων οικοσυστημάτων από τις πλημμύρες και τη διασφάλιση της βιώσιμης ανάπτυξης των παράκτιων περιοχών.



Σχήμα 15 «Θαλάσσιο Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών»[63]

Με τη χρήση του MSDI, επιτυγχάνεται η ελεγχόμενη και δίκαιη χρήση των παράκτιων πόρων για διάφορους σκοπούς, όπως ο αστικός σχεδιασμός, οι ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, ο τουρισμός και η προστασία της φύσης. Με αυτόν τον τρόπο, το MSDI συμβάλλει στη διατήρηση και τη βελτίωση του περιβάλλοντος και της ποιότητας ζωής. Γενικά, οι πληροφορίες που παρέχονται μέσω ενός MSDI χρησιμοποιούνται για ασφαλή και αποτελεσματική λειτουργία θαλάσσιας κυκλοφορίας, εξερεύνηση θαλάσσιων πόρων, θαλάσσιο χωροταξικό σχεδιασμό (MSP), ολοκληρωμένη διαχείριση παράκτιων ζωνών (ICZM), προστασία του περιβάλλοντος, και ναυτική ασφάλεια. Το MSDI προσφέρει οφέλη, όπως προώθηση ανταλλαγής δεδομένων, ευρύτερη χρήση πεδίου, ανάπτυξη νέων προϊόντων, βελτίωση λήψης αποφάσεων, και μείωση αλληλεπικάλυψης δραστηριοτήτων.

Η Υδρογραφική Υπηρεσία του Ελληνικού Πολεμικού Ναυτικού (YYN) ιδρύθηκε το 1919 στο πλαίσιο του Υπουργείου Άμυνας. Υποστηρίζει το Πολεμικό Ναυτικό με επίκεντρο την υδρογραφική έρευνα των ελληνικών υδάτων, την έκδοση χαρτών, την ασφάλεια της ναυσιπλοΐας και την προστασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος. Το έργο MGIS επιδίωξε τον εκσυγχρονισμό μεθόδων διάδοσης πληροφοριών της ΥΠΝΣ, υποστηρίζοντας ναύτες και επιχειρησιακές ανάγκες του Πολεμικού Ναυτικού. Στόχοι περιλάμβαναν αποτελεσματική διαχείριση πληροφοριών, αύξηση ασφάλειας πλοήγησης, αποτελεσματικό μάρκετινγκ, ελαχιστοποίηση χρόνου παροχής υπηρεσιών και μείωση κόστους. Η Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία (EMY), παρέχει μετεωρολογική υποστήριξη για Εθνική Άμυνα, Οικονομία και Ασφάλεια, υπό το Υπουργείο Εξωτερικών.

5.5 Προοπτικές και Μελλοντικές Προκλήσεις στη Ναυτιλία

Στον τομέα της ναυτιλίας, οι μελλοντικές εξελίξεις και οι προκλήσεις αποτελούν κεντρικό ενδιαφέρον για την ερευνητική κοινότητα. Σε αυτήν την ενότητα, εξετάζουμε μερικές από τις πιο σημαντικές προοπτικές και προκλήσεις που αντιμετωπίζει ο τομέας της θαλάσσιας ναυτιλίας. Αρχικά, εξετάζουμε το "Ηλεκτρονικός Χάρτης του Μέλλοντος: Έργο Επίδειξης Hampton Roads". Αυτή η πρωτοποριακή πρωτοβουλία αναζητά νέους τρόπους αξιοποίησης των ηλεκτρονικών χαρτών για τη βελτίωση της ναυτιλιακής ασφάλειας και απόδοσης. Στη συνέχεια, εξετάζουμε την "Ανάγκη για Ανάπτυξη Νέων Υπολογιστικών Αλγορίθμων για Ηλεκτρονικές Συσκευές και Συστήματα Θαλάσσιας Πλοήγησης". Αυτή η πρόκληση αναδεικνύει τη σημασία της συνεχούς ανάπτυξης νέων τεχνολογιών και αλγορίθμων για την αντιμετώπιση των αυξανόμενων απαιτήσεων στον τομέα της θαλάσσιας ναυτιλίας.

Έπειτα, εξετάζουμε τις "Επιδράσεις της Μεθόδου Πλοήγησης στο Φόρτο Εργασίας και την Απόδοση σε Προσομοίωση Πλοήγησης Πλοίων Υψηλής Ταχύτητας". Αυτή η έρευνα εστιάζει στον τρόπο που οι μέθοδοι πλοήγησης επηρεάζουν την απόδοση και το φόρτο εργασίας των πλοιοκτητών και των ναυτικών κατά την πλοήγηση σε υψηλές ταχύτητες. Τέλος, εξετάζουμε το "Σύστημα Διαχείρισης και Πληροφοριών Κυκλοφορίας Πλοίων (VTMIS) - Ολοκληρωμένος Προσομοιωτής για την Αξιολόγηση της Ασφαλούς Πλοήγησης". Αυτή η πρωτοποριακή προσέγγιση αναζητά νέους τρόπους ενσωμάτωσης της πληροφορίας κυκλοφορίας πλοίων για τη βελτίωση της ασφαλούς πλοήγησης και την προετοιμασία των ναυτικών για πιθανά σενάρια κινδύνου.

5.5.1 Ηλεκτρονικός χάρτης του μέλλοντος: «Έργο επίδειξης Hampton Roads»

Το Hampton Roads αναδύεται ως ένα από τα πιο υποσχόμενα πεδία για την ανάπτυξη καινοτόμων ηλεκτρονικών χαρτών, όπως αναφέρουν οι Brennan, Ware, Alexander, Armstrong, Mayer, Huff, Calder, Smith Plumlee, Arsenault, και Glang [64]. Η βάση δεδομένων ENC, σε συνδυασμό με το ECDIS, παρέχει στους ναυτικούς πρόσβαση σε μια πλούσια γκάμα πληροφοριών που είναι απαραίτητες για τον ασφαλή σχεδιασμό και την εκτέλεση των ταξιδιών. Το GPS ενημερώνει συνεχώς τη θέση του πλοίου στην οθόνη. Ωστόσο, όπως και οι έντυποι χάρτες, οι οθόνες του ECDIS είναι δισδιάστατες απεικονίσεις σταθερών δεδομένων- εάν το ECDIS πρόκειται να γίνει ένα πραγματικό σύστημα υποστήριξης αποφάσεων ικανό να παρέχει πληροφορίες πλοήγησης σε πραγματικό χρόνο στους ναυτικούς στο μέλλον, θα χρειαστούν νέες προσεγγίσεις για τη βελτίωση του περιεχομένου, της διαχείρισης και των πληροφοριών που χρησιμοποιούνται για την απεικόνιση των δεδομένων ENC.

Το σημερινό σύστημα ECDIS και οι προδιαγραφές ENC δεν αξιοποιούν πλήρως αυτές τις δυνατότητες. Αν και δεν υπάρχει συναίνεση για το πώς μπορεί να επιτευχθεί αυτό, είναι σαφές ότι οι μελλοντικοί ηλεκτρονικοί χάρτες θα πρέπει να ενσωματώνουν υψηλής πυκνότητας υδρογραφικά δεδομένα και πληροφορίες για τη στάθμη του νερού σε ένα σύστημα που θα εμφανίζει τη θέση, το βάθος και το χρόνο με διαισθητικό και εύληπτο τρόπο. Βραχυπρόθεσμα, τα ENC "επόμενης γενιάς" (έκδοση 4 του IHO S-57) αναμένεται να είναι σε θέση να αντιμετωπίσουν ορισμένες χρονικές διακυμάνσεις και τρισδιάστατα βαθυμετρικά δεδομένα. Μακροπρόθεσμα, ωστόσο, οι μελλοντικοί ηλεκτρονικοί χάρτες θα πρέπει να σχεδιάζονται έτσι ώστε να παρέχουν στους ναυτικούς βελτιστοποιημένες πληροφορίες τόσο για την απεικόνιση όσο και για τη λήψη αποφάσεων. Για παράδειγμα, οι μελλοντικοί ηλεκτρονικοί χάρτες θα πρέπει να επιτρέπουν στους ναυτικούς να υπολογίζουν με ακρίβεια τις τρεις διαστάσεις της πλοήγησης: το ύψος πάνω από το νερό, την οριζόντια απόσταση και το βάθος κάτω από την καρίνα, διευκολύνοντας έτσι τον σχεδιασμό και την εκτέλεση ασφαλών ταξιδιών.

Η περιοχή του Hampton Roads αποτελεί πράγματι έναν ιδανικό χώρο για την ανάπτυξη και τη δοκιμή ηλεκτρονικών χαρτών λόγω της πολυσύχναστης ναυτιλιακής δραστηριότητάς της και της ποικιλίας των πλοίων που την επισκέπτονται. Η εμπειρία και η τεχνογνωσία που συγκεντρώνεται στα λιμάνια και τα ναυπηγεία της περιοχής μπορεί να συμβάλλει στην εξατομίκευση των ηλεκτρονικών χαρτών, ώστε να ανταποκρίνονται καλύτερα στις ανάγκες των επαγγελματιών της ναυτιλίας.

Η συνεργασία με τους επαγγελματίες της ναυτιλίας που δραστηριοποιούνται στο Hampton Roads είναι σημαντική για τη δημιουργία ηλεκτρονικών χαρτών που θα είναι ακριβώς προσαρμοσμένοι στις ανάγκες και τις προτιμήσεις τους. Αυτό θα διασφαλίσει ότι οι μελλοντικοί χρήστες των ηλεκτρονικών χαρτών θα έχουν πρόσβαση σε εργαλεία που τους βοηθούν να πλοηγούνται με ασφάλεια και αποτελεσματικότητα στην περιοχή του Hampton Roads. Επιπλέον, η ανατροφοδότηση από τους επαγγελματίες αυτού του τομέα μπορεί να βοηθήσει στη συνεχή βελτίωση και εξέλιξη των ηλεκτρονικών χαρτών προκειμένου να ανταποκρίνονται στις ανάγκες μιας δυναμικής και πολυποίκιλης ναυτιλιακής περιοχής όπως είναι το Hampton Roads.

5.5.2 *Ανάγκη για ανάπτυξη νέων υπολογιστικών αλγορίθμων για ηλεκτρονικές συσκευές και συστήματα θαλάσσιας πλοήγησης*

Είναι γεγονός ότι τα προβλήματα ακρίβειας έχουν προκύψει από τις πρώτες ημέρες της ανάπτυξης του βασικού λογισμικού πλοήγησης που ενσωματώθηκε σε δορυφορικούς δέκτες. Μέχρι σήμερα, ακόμη και τα πιο προηγμένα συστήματα, όπως το ECDIS, δεν είναι απολύτως αξιόπιστα και εγκυμονούν κινδύνους ναυτικών ατυχημάτων, καθώς η χρήση λογισμικού πλοήγησης ενέχει τον κίνδυνο αριθμητικών σφαλμάτων, ιδιαίτερα κατά τη μετατροπή των συστημάτων συντεταγμένων, τα οποία μπορεί να επηρεάσουν την ακρίβεια των αποτελεσμάτων. Η έλλειψη καθοδήγησης από τον Διεθνή Ναυτιλιακό Οργανισμό (IMO) σχετικά με την απαιτούμενη ακρίβεια και τη χρήση αλγορίθμων στα συστήματα πλοήγησης (ECDIS, ECS) υποδηλώνει την ανάγκη για περαιτέρω επαλήθευση των υπολογισμών και την αναζήτηση νέων μεθόδων υπολογισμού για την πρόληψη των ναυτικών ατυχημάτων.

Η ελλειπτικότητα της Γης καθιστά απαραίτητη τη χρήση εξειδικευμένων μαθηματικών μοντέλων, όπως ο τύπος του Bowring, που επιλέγονται με βάση τις συγκεκριμένες απαιτήσεις κάθε εφαρμογής και έχουν αποδειχθεί αποτελεσματικά μέσω εκτεταμένων δοκιμών. Ενώ ο Williams [65] προτείνει τύπους για τον υπολογισμό της εμβέλειας κατά μήκος τόξων και μεγάλων ελλείψεων, βασισμένους σε κλασικές μεθόδους, η μέθοδος του κυβικού γραμμικού ολοκληρώματος των Phythian και Williams [66] προσφέρει μια πιο γενική προσέγγιση για τον ίδιο υπολογισμό.

Μια εναλλακτική προσέγγιση για τον υπολογισμό αποστάσεων σε μεγάλες ελλείψεις προσφέρει η μέθοδος Earl's του 2000, η οποία απλοποιεί τη διαδικασία μέσω μαθηματικών υπολογισμών, αποφεύγοντας την ανάγκη για περίπλοκες γλώσσες προγραμματισμού.

Από την άλλη πλευρά, ο Walwyn [67] παρουσίασε έναν αλγόριθμο για τον υπολογισμό του μήκους μιας μεγάλης έλλειψης που χρησιμοποιεί διάφορους τύπους για τον υπολογισμό της απόστασης και του προσανατολισμού. Ωστόσο, η απλοποίηση των υπολογισμών με τη μέθοδο Earl's μπορεί να οδηγήσει σε ακρίβεια που θυσιάζεται υπέρ της ευκολίας, ιδιαίτερα όταν πρόκειται για μετασχηματισμούς συντεταγμένων.

Τέλος, ο αλγόριθμος των Παλλήκαρη και Λάτσα [68], που αρχικά αναπτύχθηκε για να υποστηρίξει ερευνητικά έργα σε συστήματα πλοήγησης GPS, αποτέλεσε ένα βασικό εργαλείο για την περαιτέρω ανάπτυξη αυτών των συστημάτων. Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αναπτύχθηκε με στόχο να αποφευχθεί η χρήση προηγμένων αριθμητικών μεθόδων, ώστε ο αλγόριθμος να μπορεί να εφαρμοστεί εύκολα. Ο αλγόριθμος υπολογίζει πρώτα την εκκεντρότητα της μεγάλης έλλειψης και τη γεωκεντρική γωνία της μεγάλης έλλειψης, καθώς και την αφετηρία και τον προορισμό. Στο πλαίσιο αυτό χρησιμοποιούνται τμήματα από τύπους που προτείνει ο Williams, καθώς είναι απλοί και δίνουν ικανοποιητικά και ακριβή αποτελέσματα.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, ο νέος τύπος, είναι ο πιο ακριβής για τον υπολογισμό της εκκεντρότητας των μεγάλων ελλείψεων και γι' αυτό συνιστάται ακόμη και σήμερα. Οι αλγόριθμοι που εφαρμόζονται για σκοπούς πλοήγησης, ιδίως για τα συστήματα ECDIS και GNSS, πρέπει να ενημερώνουν τους χρήστες όχι μόνο για τα μαθηματικά μοντέλα που χρησιμοποιούνται πραγματικά, αλλά και για τους περιορισμούς τους.

5.5.3 *Επιδράσεις της μεθόδου πλοήγησης στο φόρτο εργασίας και την απόδοση σε προσομοίωση πλοήγησης πλοίων υψηλής ταχύτητας*

Η ναυσιπλοΐα βρίσκεται σε ένα σταυροδρόμι που μπορεί να επηρεάσει την ασφάλεια και την απόδοση των πλοίων και των πληρωμάτων τους. Οι παραδοσιακοί χάρτες αντικαθίστανται από ηλεκτρονικούς χάρτες, ο αριθμός των πληρωμάτων μειώνεται και οι ταχύτητες των πλοίων αυξάνονται [69]. Το Πολεμικό Ναυτικό των ΗΠΑ έχει ήδη ανακοινώσει το HSV-X1 Joint Venture, ένα γρήγορο πλοίο που χρησιμοποιήθηκε στην επιχείρηση Iraqi Freedom [70]. Οι εξελίξεις αυτές αναμένεται να μεταβάλουν σημαντικά τις απαιτήσεις σε σχέση με τις δεξιότητες που πρέπει να κατέχει το πλήρωμα των κρουαζιερόπλοιων. Στο πλαίσιο της ενίσχυσης των αμυντικών δυνατοτήτων του, το Νορβηγικό Ναυτικό έχει στραφεί στα FPB (Fast Patrol Boat) κλάσης Skjold, τα οποία, χάρη στην υψηλή τους ταχύτητα και την ευελιξία τους, αποτελούν ένα ισχυρό εργαλείο για την προστασία των παράκτιων περιοχών. Ο Cockroft [71] αναφέρει ότι περίπου το 90% των θαλάσσιων ατυχημάτων συμβαίνουν σε περιορισμένες υδάτινες περιοχές, όπως κανάλια και παράκτιες ζώνες κυκλοφορίας. Η νορβηγική ακτή είναι πιθανώς ένα από τα πιο δύσκολα μέρη στον κόσμο για πλοήγηση λόγω των ακραίων καιρικών συνθηκών, του μεγάλου σκοταδιού, των χιλιάδων νησιών και των ρηχών, στενών υδάτινων οδών [72]. Η πολύπλοκη ναυσιπλοΐα σε τέτοια ύδατα θέτει υψηλές απαιτήσεις στους χειριστές, ιδίως όσον αφορά την πολυπραγμοσύνη και την αντιμετώπιση εξαιρετικά αβέβαιων καταστάσεων [73][74].

Η συχνή εμφάνιση ατυχημάτων σε σκάφη ταχείας περιπολίας, σε συνδυασμό με την έντονη φόρτιση εργασίας των πληρωμάτων, υποδηλώνει την ανάγκη διεξοδικής μελέτης του ψυχολογικού φορτίου που ασκείται στους χειριστές. Ειδικότερα, δεδομένης της επιρροής της αυτοματοποίησης στην απόδοση των πιλότων σε άλλους τομείς, όπως η αεροπορία, κρίνεται απαραίτητο να διερευνηθεί ο αντίστοιχος αντίκτυπος στην πλοήγηση υψηλής ταχύτητας. [75] [76] [77] [78]

Όπως και σε άλλες βιομηχανίες, η χρήση της αυτοματοποίησης στις μεταφορές είχε αρχικά ως κίνητρο τη βελτίωση της αξιοπιστίας και τη μείωση του φόρτου εργασίας, αλλά αργότερα συνειδητοποιήθηκε ότι το μόνο πράγμα που είχε αλλάξει ήταν ο ρόλος του χειριστή [79]. Οι έρευνες σχετικά με τον αντίκτυπο των συστημάτων αυτοματισμού στον φόρτο εργασίας παρουσιάζουν ποικίλα αποτελέσματα, τα οποία πιθανότατα εξαρτώνται από το συγκεκριμένο είδος εργασίας και τα χαρακτηριστικά του κάθε συστήματος αυτοματισμού [80].

Το ARPA και το ECDIS είναι δύο κύριες μέθοδοι πλοήγησης που χρησιμοποιούνται στα πλοία σήμερα. Ας συγκρίνουμε τα κύρια χαρακτηριστικά αυτών των δύο μεθόδων με βάση το μοντέλο πλοήγησης που προτάθηκε από τους Chen και Stanney το 1999 [81]:

1. Γνωστική χαρτογράφηση και παραγωγή πληροφοριών:

- Το ARPA: Οι πλοηγοί λαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με τη θέση και την ταχύτητα άλλων σκαφών μέσω του Ραντάρ και χρησιμοποιούν τα δεδομένα αυτά για τον υπολογισμό των πιθανών συγκρούσεων.
- Το ECDIS: Οι πλοηγοί χρησιμοποιούν ηλεκτρονικούς χάρτες για να αποκτήσουν πληροφορίες σχετικά με τοπογραφικά χαρακτηριστικά, προβλεπόμενες διαδρομές και άλλες λεπτομέρειες για την ασφαλή πλοήγηση.

2. Λήψη αποφάσεων:

- Το ARPA: Οι πλοηγοί λαμβάνουν αποφάσεις για την πορεία του πλοίου με βάση τις πληροφορίες που λαμβάνουν από το Ραντάρ και το ARPA.
- Το ECDIS: Οι πλοηγοί χρησιμοποιούν τους ηλεκτρονικούς χάρτες για να σχεδιάσουν την κατεύθυνση και τις ενέργειες του πλοίου.

3. Εφαρμογή της απόφασης:

- Το ARPA: Οι πλοηγοί εκτελούν τις αποφάσεις τους σχετικά με την αποφυγή συγκρούσεων ή την προσαρμογή της πορείας του πλοίου.
- Το ECDIS: Οι πλοηγοί πραγματοποιούν τις καθοδηγούμενες ενέργειες, όπως αλλαγές κατευθύνσεων ή την προσέγγιση σημείων ενδιαφέροντος, με βάση τον ηλεκτρονικό χάρτη και τις οδηγίες του ECDIS.

Συνοψίζοντας, το ARPA επικεντρώνεται στην ανίχνευση συγκρούσεων και τη λήψη αποφάσεων βάσει των δεδομένων του Ραντάρ, ενώ το ECDIS παρέχει πληροφορίες για την ασφαλή πλοήγηση και την προγραμματισμένη πορεία του πλοίου. Και τα δύο συστήματα συμβάλλουν στην ασφάλεια της ναυσιπλοΐας, αλλά έχουν διαφορετικές λειτουργίες και χρήσεις στη πλοήγηση [82]. Γενικά, οι μελέτες σχετικά με τις επιπτώσεις της αυτοματοποίησης της γέφυρας είναι σπάνιες, αλλά απ' όσο γνωρίζουμε, δεν έχει δημοσιευτεί καμία προηγούμενη έρευνα σχετικά με τις ανθρώπινες επιδόσεις κατά την πλοήγηση ταχύπλοων πλοίων με τη χρήση ηλεκτρονικών συστημάτων πλοήγησης.

5.5.4 Σύστημα διαχείρισης και πληροφοριών κυκλοφορίας πλοίων (VTMIS) – ολοκληρωμένος προσομοιωτής για την αξιολόγηση της ασφαλούς πλοήγησης

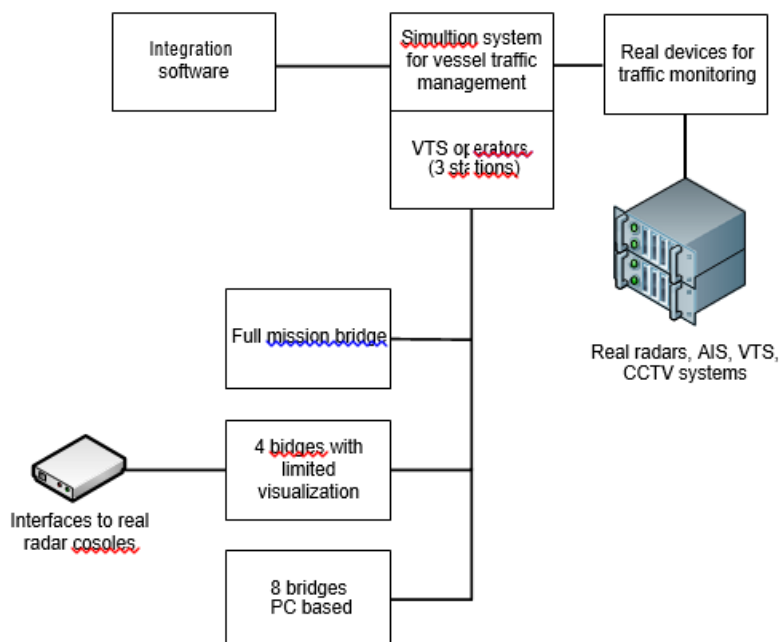
Το ακόλουθο παράρτημα από τους Lucjan, Maciej, Wieslaw και Marko [83] αναφέρει την ανάπτυξη του VTMIS, ενός ενσωματωμένου προσομοιωτή που έχει σχεδιαστεί για την αξιολόγηση κινδύνων και την αξιολόγηση της ασφάλειας πλοήγησης και περιγράφει τη μετάβαση από έναν αυτόνομο προσομοιωτή σε έναν πλήρως ενσωματωμένο προσομοιωτή με σχεδιασμό υλικού και λογισμικού, τονίζοντας τη μετάβαση στον προσομοιωτή και τα αναμενόμενα ερευνητικά αποτελέσματα.

Σήμερα, ομάδες πλήρως ενσωματωμένων προσομοιωτών μπορούν να λειτουργήσουν σε σχεδόν πραγματικές συνθήκες χωρίς την ανάγκη πολύ αυστηρών αλγορίθμων εφαρμογής. Αντίθετα, οι ερευνητικοί προσομοιωτές που εκτελούν καθήκοντα σχεδιασμού λιμένων και αποφυγής ατυχημάτων πρέπει να πληρούν πολύ αυστηρά κριτήρια για το εφαρμοζόμενο λογισμικό και την αλληλεπίδραση μεταξύ του χρήστη και του προσομοιωτή. Η δυνατότητα αλληλεπίδρασης μεταξύ πραγματικών ατόμων σε προσομοιωμένα, ρεαλιστικά περιβάλλοντα σε πραγματικό χρόνο αποτελεί μια πρωτοποριακή προσέγγιση που ανοίγει νέους δρόμους για την έρευνα και την εφαρμογή.

Το καθορισμένο σύστημα θα πρέπει να έχει ανοικτή αρχιτεκτονική που να επιτρέπει τη μελλοντική ανάπτυξη και τροποποίηση σύμφωνα με τα σχετικά ζητήματα. Η βασική διαμόρφωση του συστήματος θα πρέπει να περιλαμβάνει τα ακόλουθα στοιχεία:

- Προσομοιωτή συστήματος διαχείρισης της κυκλοφορίας των πλοίων
- Τέσσερις προσομοιωτές πλοήγησης γέφυρας με περιορισμένη τρισδιάστατη απεικόνιση
- Οκτώ προσομοιωτές γέφυρας πλοήγησης με περιορισμένη οπτικοποίηση

- Πλήρως οπτικοποιημένες γέφυρες πλοήγησης με πραγματικό εξοπλισμό διεύθυνσης,
- Εξοπλισμό παρακολούθησης της κυκλοφορίας
- Διεπαφή για τη σύνδεση πραγματικών συσκευών Ραντάρ



Σχήμα 16 «Ολοκληρωμένο σύστημα προσομοίωσης»[83]

Με την κατάλληλη επιλογή υλικού και λογισμικού, μπορούμε να προσομοιώσουμε τη συμπεριφορά ενός ευρέος φάσματος πλοίων, από μικρά σκάφη μέχρι μεγάλα δεξαμενόπλοια LNG, λαμβάνοντας υπόψη όλες τις δυνάμεις που ασκούνται σε αυτά. Το βασικό πακέτο του προσομοιωτή περιλαμβάνει ένα ευρύ φάσμα 50 ναυτικών μοντέλων και 40 γεωγραφικών περιοχών, με έμφαση στην Ευρώπη και τη Βαλτική Θάλασσα.

Ο προσομοιωτής θα παρέχει στους χρήστες τα απαραίτητα εργαλεία για τη δημιουργία εξατομικευμένων μοντέλων ακτογραμμών και υδάτινων περιοχών, επιτρέποντάς τους να σχεδιάσουν και να κατασκευάσουν περιβάλλοντα οποιουδήποτε μεγέθους και πολυπλοκότητας. Ο προσομοιωτής πρέπει να πληροί τις απαιτήσεις των διεθνών προτύπων για τον εξοπλισμό και τις λειτουργίες των ναυτικών προσομοιωτών (π.χ. Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός (IMO, ISO, ITU (International Telephone Union))). Κάθε σύστημα και η εγκατάστασή του επιθεωρείται από την DNV και επαληθεύεται με πιστοποιητικό, ώστε ο προσομοιωτής να μπορεί να χρησιμοποιηθεί για έρευνες εγκεκριμένες από τις ναυτιλιακές αρχές (DNV).

Οι εγκαταστάσεις προσομοίωσης των συστημάτων διαχείρισης της κυκλοφορίας των πλοίων είναι εξοπλισμένες με σταθμούς ελέγχου, σταθμούς διεύθυνσης και ελέγχου (VTMS) και συστήματα απεικόνισης για τρισδιάστατη και δισδιάστατη παθητική και ενεργητική παρακολούθηση της κυκλοφορίας (VTMS - Vessel Traffic Management System mode) και δυνατότητα εκτέλεσης προσομοιώσεων σε οποιαδήποτε υδάτινη περιοχή. Ο προσομοιωτής αποτελεί βασικό στοιχείο του συστήματος διαχείρισης και είναι υπεύθυνος για τις ακριβείς διαδικασίες προσομοίωσης και την εναρμόνιση με το πραγματικό σύστημα. Εξασφάλιση της

συμβατότητας με τα υφιστάμενα συστήματα παρακολούθησης και διαχείρισης της κυκλοφορίας των πλοίων (VTMS). Το σύστημα θα πρέπει να έχει ανοικτή αρχιτεκτονική ώστε να επιτρέπει την εύκολη κατασκευή και ενσωμάτωση με άλλα στοιχεία.

Το σύστημα VTMS πρέπει να συνδέεται με όλες τις γέφυρες πλοήγησης/προσομοιωτές και να επιτρέπει την πλήρη αλληλεπίδραση μεταξύ των επιμέρους γεφυρών πλοήγησης, παρέχοντας ιδίως τα ακόλουθα κύρια χαρακτηριστικά:

- Προσομοίωση σε πραγματικό χρόνο και γρήγορα
- Φόρτωση ερευνητικών εργασιών σε όλες τις γέφυρες
- Φόρτωση τρισδιάστατων δεδομένων και τρισδιάστατη απεικόνιση των γεφυρών
- Ταυτόχρονη φόρτωση δεδομένων νερού, πλοίου και εξοπλισμού για όλες τις γέφυρες
- Φόρτωση δεδομένων νερού, σκάφους και εξοπλισμού για πολλαπλές γέφυρες
- Καταγραφή των εκτελεσθέντων πειραμάτων - όλες οι παράμετροι για όλες τις γέφυρες
- Δημιουργία νέων υδάτινων περιοχών με πλήρη τρισδιάστατη απεικόνιση και πλήρη υδροδότηση

Αλληλεπίδραση με τον καιρό:

- Δημιουργία νέων πλοίων όλων των μεγεθών, πιστά στο πραγματικό πλοίο

Χαρακτηριστικά ελιγμών:

- Παρακολούθηση όλων των γεφυρών και των ερευνητικών εγκαταστάσεων από σταθμούς ελέγχου
- Ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των σταθμών παρακολούθησης και όλων των γεφυρών
- Ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ των σταθμών VTMS και των γεφυρών πλοήγησης
- Μεταφορά πληροφοριών ναυσιπλοΐας μεταξύ των κέντρων ελέγχου VTMS και των πλοίων με χρήση DSC και AIS
- Προσομοίωση της λειτουργίας μονάδων διάσωσης και αντιμετώπισης πετρελαιοκηλίδων - Εποπτεία από χειριστές VTMS και καθορισμένες μονάδες
- Προσομοίωση πετρελαιοκηλίδων για τον έλεγχο της αποτελεσματικότητας των επιχειρήσεων διάσωσης
- Προσομοίωση δεδομένων Ραντάρ σε πραγματικό χρόνο
- Προσομοίωση δεδομένων ECDIS σε πραγματικό χρόνο (ηλεκτρονικοί χάρτες)
- Προσομοίωση δεδομένων AIS σε πραγματικό χρόνο
- Καταγραφή, αποθήκευση και αναπαραγωγή της διεξαχθείσας έρευνας
- Σύνδεση ιδιόκτητου λογισμικού προσομοίωσης (αυτόνομο και μη μοντέλο)
- Είναι δυνατή η προσομοίωση εσωτερικών συμβάντων (π.χ. βλάβη κινητήρα) και εξωτερικών συμβάντων (π.χ. συγκρούσεις).

Οι προσομοιωτές αποτελούν πολύτιμο εργαλείο για την έρευνα στα συστήματα θαλάσσιων μεταφορών. Οι κατασκευαστές συχνά βελτιώνουν τις λειτουργίες τους μέσω της καλύτερης οπτικοποίησης και της πιο εξελιγμένης τεχνολογίας. Ωστόσο, το μεγαλύτερο πλεονέκτημα των προσομοιωτών είναι η δυνατότητα ενσωμάτωσής τους με άλλους τύπους προσομοιωτών, επιτρέποντας την προσομοίωση πολύπλοκων συστημάτων μεταφορών.

Για την επίτευξη μιας πιο ρεαλιστικής μοντελοποίησης της ναυτικής κυκλοφορίας, είναι απαραίτητη η επέκταση των συστημάτων μας σε μεγαλύτερη κλίμακα, ώστε να μπορούμε να αναπαράγουμε πιο σύνθετα και ρεαλιστικά σενάρια. Αυτό μπορεί να αντισταθμιστεί από τις

υψηλές τιμές του εξοπλισμού που απαιτούνται. Παρόλα αυτά, η ολοκλήρωση σε μεγαλύτερη κλίμακα επιτρέπει στους ερευνητές να αντιμετωπίσουν πιο σύνθετες πτυχές της θαλάσσιας κυκλοφορίας και να εξετάσουν πιο σφαιρικά τις επιπτώσεις διαφόρων παραμέτρων και συνθηκών στο σύστημα μεταφορών.

5.6 Γενικά συμπεράσματα έρευνας και θέματα μελλοντικής έρευνας και μελέτης

Αν και οι τεχνολογικές αλλαγές είναι συνεχείς στον σύγχρονο κόσμο, οι βασικές ανάγκες της ναυσιπλοΐας δεν έχουν αλλάξει με την πάροδο του χρόνου και πρέπει να αντιμετωπιστούν άμεσα για την αποφυγή προσαράξεων και άλλων ζημιών που προκαλούνται από δυσμενείς καιρικές συνθήκες στη θάλασσα κατά τη διάρκεια της ναυσιπλοΐας. Ωστόσο, μεταξύ των αλλαγών που έχουν επέλθει με την πάροδο των ετών είναι και ο εκσυγχρονισμός των μεθόδων που χρησιμοποιούνται και των μέσων που διατίθενται για την επίτευξη των παραπάνω στόχων. Για παράδειγμα, το πιο συνηθισμένο και κλασικό σύστημα που χρησιμοποιούσαν οι ναυτικοί στο παρελθόν ήταν η μέτρηση των αποστάσεων χρησιμοποιώντας το φως ενός φάρου ή το συμβατικό Ραντάρ με αναλογικές ενδείξεις. Ωστόσο, οι μέθοδοι αυτές απαιτούν μεγάλη εμπειρία καθώς και γνώσεις.

Σήμερα, οι μέθοδοι αυτές έχουν αντικατασταθεί από εργαλεία υποστήριξης της ναυτιλίας, όπως οι δορυφόροι GNSS και τα συστήματα ECDIS. Η αυτοματοποίηση των ναυτιλιακών διαδικασιών για την προετοιμασία, την εκτέλεση και την επιθεώρηση του πλοίου δεν έγινε για να μειωθούν οι ευθύνες των αξιωματικών γέφυρας και των πλοιάρχων, αλλά για να διευκολυνθεί το έργο τους και να αποφευχθεί όσο το δυνατόν περισσότερο το ανθρώπινο λάθος. Τα επόμενα χρόνια, η πρόοδος της τεχνολογίας και η εμφάνιση της τεχνητής νοημοσύνης αναμένεται να βελτιώσουν και να αυτοματοποιήσουν περαιτέρω τις διαδικασίες ναυσιπλοΐας. Η δυναμική εξέλιξη των συστημάτων πλοήγησης και των μονάδων που τα απαρτίζουν έχει πραγματοποιηθεί σύμφωνα με τα διεθνή πρότυπα για να διασφαλιστεί η απαιτούμενη ακρίβεια και λειτουργικότητα. Για τον σκοπό αυτό, βρίσκονται σε εξέλιξη διάφορες ομάδες εργασίας και επιτροπές σε σχετικούς διεθνείς οργανισμούς, όπως ο Διεθνής Ναυτιλιακός Οργανισμός, ο Διεθνής Υδρογραφικός Οργανισμός και η Διεθνής Ένωση Φανών Πλοήγησης.

Η ανάγκη για ανανέωση στη ναυσιπλοΐα είναι επιτακτική, καθώς οι αλλαγές στις τεχνολογίες υποστήριξης της ναυσιπλοΐας είναι κρίσιμες λόγω της συνεχούς εξέλιξης του τομέα. Η μετάβαση από κλασικές σε σύγχρονες μεθόδους, όπως η αντικατάσταση των παραδοσιακών μετρήσεων αποστάσεων με GNSS και ECDIS, προσφέρει μεγαλύτερη ακρίβεια και μειώνει τον κίνδυνο λαθών. Η αυτοματοποίηση των διαδικασιών, εισάγοντας τεχνολογίες που ενισχύουν τις ικανότητες των ναυτικών και μειώνουν τα ανθρώπινα λάθη, δεν αποσκοπεί στην αντικατάστασή τους, αλλά στην ενίσχυση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας.

Η πρόοδος της τεχνολογίας και η εμφάνιση της τεχνητής νοημοσύνης αναμένεται να βελτιώσουν και να αυτοματοποιήσουν περαιτέρω τις διαδικασίες ναυσιπλοΐας. Η συμμόρφωση με τα διεθνή πρότυπα και πιστοποιήσεις από οργανισμούς όπως ο IMO, ο IHO και η IALA είναι απαραίτητη για την εξασφάλιση λειτουργικότητας και ασφάλειας στις ναυτικές επιχειρήσεις. Η

ενσωμάτωση δεδομένων από πολλαπλούς αισθητήρες, όπως Ραντάρ, GNSS και AIS, είναι επίσης απαραίτητη για την επίτευξη μιας ολοκληρωμένης και αξιόπιστης εικόνας της ναυσιπλοΐας.

Η τεχνητή νοημοσύνη και η μηχανική μάθηση μπορούν να βοηθήσουν στην ανάπτυξη ευφυών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων, που θα προσφέρουν βοήθεια σε πραγματικό χρόνο στους ναυτικούς. Η ανάγκη για προηγμένα συστήματα επικοινωνίας που θα επιτρέπουν την άμεση και αποτελεσματική ανταλλαγή πληροφοριών μεταξύ σκαφών και παράκτιων σταθμών είναι επιτακτική. Η προστασία των συστημάτων ναυσιπλοΐας από κυβερνοεπιθέσεις είναι εξίσου σημαντική με την ασφάλεια των δεδομένων που χρησιμοποιούνται.

Είναι απαραίτητο να ενσωματώσουμε τεχνολογίες που συμβάλλουν στην προστασία του περιβάλλοντος και την αειφορία, όπως τα συστήματα παρακολούθησης εκπομπών και η βελτίωση της ενεργειακής αποδοτικότητας των σκαφών. Η συνεχής εκπαίδευση και κατάρτιση των ναυτικών στις νέες τεχνολογίες και συστήματα είναι κρίσιμη για την αποτελεσματική χρήση τους. Η αναβάθμιση των λιμενικών υποδομών είναι αναγκαία για την υποστήριξη των σύγχρονων τεχνολογιών ναυσιπλοΐας και την ενίσχυση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας των λιμενικών λειτουργιών.

Η ανάπτυξη και εφαρμογή συστημάτων για την αποτελεσματική διαχείριση κινδύνων και την αύξηση της ασφάλειας των ναυτικών επιχειρήσεων είναι απαραίτητη. Η ανάπτυξη προηγμένων συστημάτων ελέγχου κυκλοφορίας για τη βελτιστοποίηση της ροής των σκαφών και τη μείωση του κινδύνου ατυχημάτων είναι κρίσιμη. Τέλος, η προσαρμογή των σκαφών στις κλιματικές αλλαγές και τις ακραίες καιρικές συνθήκες μέσω νέων τεχνολογιών και στρατηγικών είναι σημαντική για την ασφάλεια και την αποδοτικότητα των ναυτικών επιχειρήσεων.

Συνοψίζοντας, η ναυσιπλοΐα βρίσκεται σε μια φάση συνεχούς εξέλιξης και οι νέες τεχνολογίες παίζουν καθοριστικό ρόλο στη βελτίωση της ασφάλειας και της αποτελεσματικότητας. Οι προτάσεις μας για μελλοντική έρευνα περιλαμβάνουν τη χρήση τεχνητής νοημοσύνης, την ενσωμάτωση πολλαπλών αισθητήρων και την ανάπτυξη ευφυών συστημάτων υποστήριξης αποφάσεων.

Βιβλιογραφία

- [1] Asvestas, Nikolaos. "Η Ελληνική Ναυτιλία Ως Παράγοντας Ισχύος Της Ελληνικής Οικονομίας." Πειραιάς, 2018. Accessed October 25, 2023. <https://dione.lib.unipi.gr/xmlui/bitstream/handle/unipi/11855/Asvestas.pdf?Sequence=3&isallowed=y>.
- [2] Πια, Μαργαρίτα Μαρία. "Το νομικό οπλοστάσιο του IMO για τη διάσωση κινδυνευόντων στη θάλασσα προσώπων και την περαιτέρω μεταχείριση αυτών: αξιολόγηση και προτάσεις." Αθηνά, 2020. Accessed October 30, 2023. <https://pergamon.lib.uoa.gr/uoa/dl/object/2938821/file.pdf>.
- [3] Δαλακλής, Δημήτριος. "Διεθνές και ευρωπαϊκό θεσμικό πλαίσιο ασφάλειας του θαλασσιού περιβάλλοντος και συναφή συστήματα ελέγχου." 2016. Accessed November 2, 2023. [https://www.researchgate.net/publication/299530645_INTERNATIONAL_AND_EUROPEAN_MARITIME_ENVIRONMENT_SAFETY_FRAMEWORK_AND_RELATED_CONTROL SYSTEMS in greekdiethnes KAI EUROPAIKO THESMIKO PLAISIO ASPHALEIAS TOU THALASSIOU PERIBALLONTOS KAI SYNAPHE SYSTEMA](https://www.researchgate.net/publication/299530645_INTERNATIONAL_AND_EUROPEAN_MARITIME_ENVIRONMENT_SAFETY_FRAMEWORK_AND_RELATED_CONTROL_SYSTEMS_in_greekdiethnes_KAI_EUROPAIKO_THESMIKO_PLAISIO_ASPHALEIAS_TOU_THALASSIOU_PERIBALLONTOS_KAI_SYNAPHE_SYSTEMA)
- [4] Μαζαράκης, Ν. "Modern Marine Meteorology." Webinar
- [5] Σαββίδης, Ε. "Ο ρόλος της πληροφορικής και της τεχνολογίας στην «έξυπνη ναυτιλία»." Accessed November 5, 2023. <https://maredu.hcg.gr/modules/document/file.php/MAK265/Ηλεκτρονικοί%20Υπολογιστές/Ο%20ρόλος%20της%20πληροφορικής%20και%20της%20τεχνολογίας%20στην%20«έξυπνη%20ναυτιλία».pdf>
- [6] el.wikipedia, Tzon Harrison. Accessed October 5, 2023. <https://en.wikipedia.org/wiki/Gyrocompass>.
- [7] Εικόνα 2 Compass "Lifo". Accessed October 15, 2023. <https://www.setav.org/en/orientalism-again/>.
- [8] Εικόνα 3 Ναυτικός χάρτης "Μαραθόκαμπου" - Πολεμικό Ναυτικό Υδρογραφική Υπηρεσία. Accessed November 2, 2023. https://www.hnhs.gr/images/03-2_entypoi_nautikoi_xartes/XEE_422_2_02.jpg.
- [9] Κοντός, Ν. "Το λογισμικό στο Πλοίο." 2020. Accessed October 20, 2023. <File:///C:/Users/pc/Desktop/%CE%A4%CE%BF%20%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CF%83%CE%BC%CE%B9%CE%BA%CF%8C%20%CF%83%CF%84%CE%BF%20%CF%80%CE%BB%CE%BF%CE%AF%CE%BF.pdf>.
- [10] Kazimierski, M., Stateczny, A. "Published." 2013. Accessed November 15, 2023. https://marinetechnology.pl/wp-content/uploads/2022/11/Kazimierski_Stateczny_published.pdf.
- [11] Εικόνα 4 Σύστημα Εντοπισμού Radar – Wikipedia. Accessed November 20, 2023. https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/5/51/Rotating_marine_radar_-_rotating_waveguide_antenna.gif.
- [12] Εικόνα 5 Σύστημα Εντοπισμού Radar. Accessed November 25, 2023. <https://www.dlp-assured.com/penetration-testing-service/index.php>.

-
- [13] Radar And Electronic Navigation Aids, (Contains Extracts Courtesy Of A.N.T.A. And Col Tritton) Εικόνα 6 Το ταξίδι του παλμού ενός Ραντάρ - Radar & Electronic Navigation Aids. Accessed November 28, 2023. <https://www.splashmaritime.com.au/Marops/data/text/Radartex/Radartex.htm>.
- [14] Ζαυειρούλης, Κωνσταντίνος. "Εντοπισμός θέσης και ταχύτητας με τη χρήση συνδυαστικών συστημάτων δορυφορικής και αδρανειακής πλοήγησης." 2015. Accessed November 10, 2023. https://dspace.lib.ntua.gr/xmlui/bitstream/handle/123456789/42463/diplomatikh_zafeiroulis_tel.pdf?Sequence=1&isallowed=y.
- [15] Grewal, Mohinder S., Lawrence R. Weill, Angus P. Andrews. "Global Positioning Systems, Inertial Navigation, And Integration." 2007. Accessed October 10, 2023. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/0470099720>.
- [16] El-Rabbany, Ahmed. Introduction to GPS, The Global Positioning System. 2002. Accessed November 18, 2023. https://books.google.gr/books/about/Introduction_to_GPS.html?Id=u2jmgrrb8cc&redir_esc=y
- [17] Εικόνα 7 Σύστημα GPS. Accessed November 22, 2023. https://pubs.usgs.gov/ds/722/html/images/sands_aquisition_catlg.jpg.
- [18] "Radar and Automatic Identification System Track Fusion in an Electronic Chart Display and Information System." Accessed November 25, 2023. https://www.researchgate.net/publication/279216636_Radar_and_Automatic_Identification_System_Track_Fusion_in_an_Electronic_Chart_Display_and_Information_System.
- [19] Zhanga, Weibin, Floris Goerlandt, Jakub Montewka, Pentti Kujala. "A Method For Detecting Possible Near Miss Ship Collisions From AIS Data." Accessed November 28, 2023. https://www.researchgate.net/publication/280920565_A_method_for_detecting_possible_near_miss_ship_collisions_from_AIS_data.
- [20] Εικόνα 8 AIS Marine Traffic. Accessed November 22, 2023. <https://flightradars24.co.uk/wp-content/uploads/2018/09/ais-marine-traffic.jpg>.
- [21] "Fusion of data from AIS and tracking radar for the needs of ECDIS." Accessed November 30, 2023. https://www.researchgate.net/publication/261259960_Fusion_of_data_from_AIS_and_tracking_radar_for_the_needs_of_ECDIS.
- [22] A hybrid bio-optical transformation for satellite bathymetry modeling using sentinel-2 imagery. Accessed November 25, 2023. https://scholar.google.gr/citations?View_op=view_citation&hl=el&user=t281c8kaaaaj&citation_for_view=t281c8kaaaaj:mvm5d5a6bfqc.
- [23] Παλληκάρης, Αθανάσιος Η., Γεώργιος Θ. Κατσούλης, Δημήτριος Α. Δαλακλής. Ναυτικά Ηλεκτρονικά Όργανα Και Συστήματα Ηλεκτρονικού Χάρτη Ecdis. 2018. Accessed November 28, 2023. <https://www.eef.edu.gr/media/3761/naytika-ilektronika-organa.pdf>.
- [24] Εικόνα 9 NOAA Paper Nautical Chart Sales 2000-2020 – NOAA. Accessed November 30, 2023. <https://marine-charts.com/marine-charts-paper-navigational-charts/>.
- [25] Klepsvik, J. O., P. B. Ober, M. Baldauf. "Ολοκληρωμένο σύστημα πλοήγησης – περιγραφή λειτουργίας." Accessed November 10, 2023. https://www.researchgate.net/publication/270898744_A_critical_look_at_the_IMO_requirements_for_GNSS.
-

-
- [26] Εκπαιδευτικό Κείμενο Ακαδημιών Εμπορικού Ναυτικού. Διεθνείς Κανονισμοί Για Αποφυγή Συγκρούσεων Στη Θάλασσα. Αθήνα, 2013. Accessed November 15, 2023. https://www.eef.edu.gr/media/2552/e_j00104.pdf.
- [27] "Global Navigation Satellite Systems Performance Analysis and Augmentation Strategies in Aviation." Progress in Aerospace Sciences. 2017. Accessed November 20, 2023. https://www.researchgate.net/publication/321022891_Global_Navigation_Satellite_Systems_Performance_Analysis_and_Augmentation_Strategies_in_Aviation.
- [28] Σχήμα 2 "Χαρακτηριστικά σήματος GLONASS". Accessed November 25, 2023. <https://novatel.com/an-introduction-to-gnss/gnss-constellations/glonass>.
- [29] Maresca, Salvatore, Paolo Braca, Raffaele Grasso, Jochen Horstmann. "Multiple Oceanographic HF Surface-Wave Radars Applied to Maritime Surveillance." IEEE Xplore. Accessed November 28, 2023. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6916066>.
- [30] ECDIS, What you need to know, A Jeppesen Marine publication. 2011. Accessed November 30, 2023. https://www.academia.edu/27573085/ECDIS_What_you_need_to_know_ECDIS_What_you_need_to_know.
- [31] Εικόνα 11 ECDIS - Το σημείο κλειδί της σωστής πλοήγησης ενός πλοίου. Accessed November 15, 2023. https://cdn.shopify.com/s/files/1/0090/5072/files/Quantum_of_the_seas_ecdis_grande.jpg?V=1565023883.
- [32] Palikaris, Athanasios, and Athanasios K. Mavraeidopoulos. "Electronic Navigational Charts: International Standards and Map Projections." Hellenic Naval Academy, Navigation and Sea Sciences Laboratory, 18539 Piraeus, Greece & National and Kapodistrian University of Athens, Remote Sensing Laboratory, 157 84 Athens, Greece. Accessed November 20, 2023. https://www.researchgate.net/publication/340771982_Electronic_Navigational_Charts_International_Standards_and_Map_Projections.
- [33] Electronic Chart Display and Information System (ECDIS). Furuno, 2012. Accessed November 25, 2023. https://www.furunousa.com/-/media/sites/furuno/document_library/documents/manuals/public_manuals/fea2107_installation_manual_1_3-12-2012.pdf.
- [34] Sumić, Dean, Dragan Peraković, Marinko Jurčević. "Contribution to ECDIS Reliability using Markov Model." Accessed November 28, 2023. <https://hrcak.srce.hr/file/190345>.
- [35] Bhuiyan, Zakirul. "ECDIS Display, Safety Settings and Alarm Management." Warsash Maritime Academy, Southampton Solent University, UK. Accessed November 30, 2023. https://www.academia.edu/33365674/ECDIS_Display_Safety_Settings_and_Alarm_Management.
- [36] Kristić, M., Žuškin, S., Brčić, D., & Car, M. (2021). "Overreliance on ECDIS Technology: A Challenge for Safe Navigation." Accessed November 15, 2023. <https://bibliotekanauki.pl/articles/1841438>.
- [37] Wang, Qingwu, Ming Zhong, Guoyou Shi, Jian Zhao, and Chunjiang Bai. "Route Planning and Tracking for Ships Based on the ECDIS Platform." 2021. Accessed November 20, 2023. https://www.researchgate.net/publication/351505520_Route_Planning_and_Tracking_for-Ships-Based-on-the-ECDIS-Platform/fulltext/609b3249a6fdccaebd253e43/Route-Planning-and-Tracking-for-Ships-Based-on-the-ECDIS-Platform.pdf.
-

-
- [38] Lapaine, Miljenko. "Multiscale ENC Data Management on an Archipelagic Sea Area – Example of the East Adriatic Coast." 2017. Accessed November 25, 2023. https://www.researchgate.net/publication/231914939_Multiscale_ENC_Data_Management_on_an_Archipelagic_Sea_Area_-_Example_of_the_East_Adriatic_Coast.
- [39] Kos, S., & Brčić, D. "Protection and Risks of ENC Data Regarding Safety of Navigation." Accessed November 28, 2023. https://www.researchgate.net/publication/242330076_Protection_and_Risks_of_ENC_Data_Regarding_Safety_of_Navigation.
- [40] Kuwata, Yoshiaki, Michael T. Wolf, Dimitri Zarzhitsky, and Terrance L. Huntsberger. "Safe Maritime Navigation with COLREGS Using Velocity Obstacles." Accessed November 30, 2023. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6094677>.
- [41] "Modeling of ship collision probability using dynamic traffic simulation." Accessed November 15, 2023. https://www.researchgate.net/publication/286541864_Modeling_of_ship_collision_probability_using_dynamic_traffic_simulation.
- [42] "Safety Risk Analysis of Maritime Transportation." Accessed November 20, 2023. https://www.researchgate.net/publication/272717449_Safety_Risk_Analysis_of_Maritime_Transportation.
- [43] "Analyses and Implications of Accidents in Singapore Strait." Accessed November 25, 2023. https://www.researchgate.net/publication/272718436_Analyses_and_Implications_of_Accidents_in_Singapore_Strait.
- [44] Zhang, Weibin, Floris Goerlandt, Jakub Montewka, Pentti Kujala. "A method for detecting possible near miss ship collisions from AIS data." Ocean Engineering, Volume 107, 1 October 2015, ISSN 0029-8018. Accessed November 28, 2023. https://www.researchgate.net/publication/280920565_A_method_for_detecting_possible_near_miss_ship_collisions_from_AIS_data.
- [45] Bakdi, Azzeddine, Ingrid Kristine Glad, Erik Vanem, and Øystein Engelhardtson. "AIS-Based Multiple Vessel Collision and Grounding Risk Identification based on Adaptive Safety Domain." 19 December 2019. Accessed November 30, 2023. https://www.researchgate.net/publication/338092684_AIS-Based_Multiple_Vessel_Collision_and_Grounding_Risk_Identification_based_on_Adaptive_Safety_Domain.
- [46] Androjna, Andrej, Marko Perkovic, Ivica Pavic, and Jakša Mišković. "AIS Data Vulnerability Indicated by a Spoofing Case-Study." Applied Sciences 11, no. 11 (2021): 5015. Accessed November 5, 2023. <https://www.mdpi.com/2076-3417/11/11/5015>.
- [47] FUJII, Michio, Misako URAKAMI, Kazuo YAMASHITA, Nobukazu WAKABAYASHI. "The study of Simple Navigation System for small craft using Class B AIS." IEEE. Accessed November 10, 2023. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6964411>.
- [48] Pallotta, Giuliana, Michele Vespe, and Karna Bryan. "Vessel Pattern Knowledge Discovery from AIS Data: A Framework for Anomaly Detection and Route Prediction." NATO Science and Technology Organization (STO), Centre for Maritime Research and Experimentation (CMRE). Accessed November 15, 2023. https://www.researchgate.net/publication/258630626_Traffic_Route_Extraction_and_Anomaly_Detection_from_AIS_Data.
-

-
- [49] Kos, Serđo, Mate Vukić, David Brčić. "USE OF UNIVERSAL PROTOCOL FOR ENTERING THE PORT OF DESTINATION IN AIS DEVICE." University of Rijeka – Faculty of Maritime Studies. Accessed November 20, 2023. https://www.researchgate.net/publication/236723236_Use_of_universal_protocol_for_entering_the_port_of_destination_in_AIS_device.
- [50] Wakabayashi, Nobukazu, Hidenari Makino, Kenji Mori, Shigeaki Shiotani. "Development of Radar Simulator Software Using AIS Data for Ship Data." Faculty of Maritime Sciences, Kobe University. Accessed November 25, 2023. <https://ieeexplore.ieee.org/document/5603830?Denied=>.
- [51] Stateczny, W., Kazimierski, W. "A comparison of the target tracking in marine navigational radars by means of GRNN filter and numerical filter." researchgate. Accessed October 15, 2023. https://www.researchgate.net/publication/224361504_A_comparison_of_the_target_tracking_in_marine_navigational_radars_by_means_of_GRNN_filter_and_numerical_filter.
- [52] Stateczny, Andrzej. "A concept of decentralized fusion of maritime radar targets with multisensor Kalman Filter." IEEE. Accessed October 25, 2023. <https://ieeexplore.ieee.org/document/5547467?Denied=>.
- [53] Braca, Paolo, Michele Vespe, Salvatore Maresca, Jochen Horstmann. "A NOVEL APPROACH TO HIGH FREQUENCY RADAR SHIP TRACKING EXPLOITING ASPECT DIVERSITY." IEEE. Accessed November 5, 2023. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6352578?Denied=>.
- [54] Kazimierski, Witold, Andrzej Stateczny. "Adjusting multiple model neural filter for the needs of marine radar target tracking." IEEE. Accessed November 15, 2023. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6042195>.
- [55] Maresca, Salvatore, Paolo Braca, Raffaele Grasso, Jochen Horstmann. "Multiple Oceanographic HF Surface-Wave Radars Applied to Maritime Surveillance." IEEE. Accessed November 25, 2023. <https://ieeexplore.ieee.org/document/6964584>.
- [56] Development of the Integrated Target Information System of the Marine Radar and AIS Based on ECDIS. Accessed November 15, 2023. <https://ieeexplore.ieee.org/document/5300801?Denied=>
- [57] Human Factors Evaluation of Electronic Chart Display and Information Systems (ECDIS). Accessed October 25, 2023. https://www.academia.edu/804774/Human_Factors_Evaluation_of_Electronic_Chart_Display_and_Information_Systems_ECDIS
- [58] Tawfik, Ahmed Khalil. "Investigating the Role of S-Mode in ECDIS Navigation System." Arab Academy for Science, Technology and Maritime Transport, Alexandria, Egypt. Accessed November 5, 2023. https://www.academia.edu/40968079/INVESTIGATING_THE_ROLE_OF_S_MODE_IN_ECDIS_NAVIGATION_SYSTEM
- [59] Kazimierski, Witold, and Natalia Wawrzyniak. "Modification of ECDIS Interface for the Purposes of Geoinformatic System for Port Security." Maritime University of Szczecin, 2013. Accessed October 20, 2023. https://www.researchgate.net/publication/269474644_MODIFICATION_OF_ECDIS_INTERFACE_FOR_THE_PURPOSES_OF_GEOINFORMATIC_SYSTEM_FOR_PORT_SECURITY
- [60] "Electronic Charts – The Use of Risk Assessment Methodology When Operating ECDIS in the Raster Chart Display System (RCDS) Mode." Accessed November 10, 2023.
-

<https://www.gov.uk/government/publications/mgn-285-electronic-charts-operating-ecdis-in-the-rcds-mode>

- [61] Antonio R. Jimé'nez and Fernando Seco, "A Short-range Ship Navigation System based on Ladar Imaging and Target Tracking for Improved Safety and Efficiency." Accessed June 13, 2024. <https://www.semanticscholar.org/paper/A-Short-Range-Ship-Navigation-System-Based-on-Ladar-Ruiz-Granja/17042a03c606b6c489dc3633d95cab31efd5d9d1>
- [62] PENG CHEN^{1,2}, GUOYOU SHI¹, SHUANG LIU³, YUANQIANG ZHANG¹, "Decision Support Based on Artificial Fish Swarm for Ship Collision Avoidance from AIS Data," Navigation College, Dalian Maritime University, Dalian 116026, China. Accessed November 2, 2023. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8526933>
- [63] Stilianos Contarinis, Byron Nakos, Athanasios Pallikaris, "Marine Spatial Data Infrastructure in Greece: Challenges and Opportunities," National Technical University of Athens, Cartography Laboratory. Accessed October 25, 2023. https://www.researchgate.net/publication/334637933_Marine_Spatial_Data_Infrastructure_in_Greece_Challenges_and_Opportunities_Nausivios_Chora_72018_ISSN_1791-4469
- [64] Richard Brennan, Colin Ware, Lee Alexander, Andrew Armstrong, Larry Mayer, Lloyd Huff, Brian Calder, Shepard Smith, Matt Plumlee, Roland Arsenault, Gerd Glang, "Electronic Chart of the Future: The Hampton Roads Demonstration Project," Center for Coastal and Ocean Mapping/Joint Hydrographic Center University of New Hampshire, Durham, New Hampshire, USA. Accessed November 7, 2023. <https://scholars.unh.edu/cgi/viewcontent.cgi?Article=1267&context=ccom>
- [65] "The Need to Develop New Geodesic-Based Computational Algorithms for Marine Navigation Electronic Devices and Systems," Accessed October 12, 2023. <https://ieeexplore.ieee.org/document/7352263>
- [66] Phythian, J.E., Williams, R., 1985. Cubic spline approximation to an integral function. Bulletin of the Institute of Mathematics and Its Applications, No. 21.
- [67] Walwyn, P.R., 1999. The Great ellipse solution for distances and headings to steer between waypoints. The Journal of Navigation, Vol. 52. Accessed on 1 November 2023. <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-navigation/article/abs/great-ellipse-solution-for-distances-and-headings-to-steer-between-waypoints/8354BB80B5F2A1CD9640753736BBC1A3>
- [68] Pallikaris, A., Latsas, G., 2009. New algorithm for great elliptic sailing (GES). The Journal of Navigation, Vol. 62. Accessed on 15 November 2023. https://www.researchgate.net/publication/231766671_New_Algorithm_for_Great_Elliptic_Sailing_GES
- [69] Lee, J.D., Sanquist, T.F., 2000. Augmenting the operator function model with cognitive operations: assessing the cognitive demands of technological innovation in ship navigation. Accessed on 20 November 2023. <https://ieeexplore.ieee.org/document/844353>
- [70] Holton, C., 2003. New high tech, high-speed ship could rapidly deploy US forces. Accessed on 15 November 2023. https://www.worldtribune.com/worldtribune/WTARC/2003/wtt_10_28
- [71] Cockroft, A.N., 1984. Collisions at sea. Saf. Sea, Derrick, W.L., 1988. Dimensions of operator workload. Hum. Factors 30.
- [72] Kjerstad, N., 2002. Simulator for training and R&D in high-speed navigation. Paper presented at the International MARTECH-2002 Conference, Singapore Maritime Academy and Maritime and Port Authorities of Singapore, Singapore, 18–20

-
- [73] Hockey, G.R.J., 1997. Compensatory control in the regulation of human performance under stress and high workload: a cognitive-energetical framework. *Biol. Psychol.* 45.
- [74] Hockey, G.R.J., Healey, A., Crawshaw, M., Wastell, D.G., Sauer, J., 2003. Cognitive demands of collision avoidance in simulated ship control. *Hum. Factors* 45. Accessed on 3 November 2023 <https://psycnet.apa.org/record/2003-07917-006>
- [75] Sirevaag, E.J., Kramer, A.F., Wickens, C.D., Reisweber, M., Strayer, D.L., Grenell, J.F., 1993. Assessment of pilot performance and mental workload in rotary wing aircraft. *Ergonomics* 36.
- [76] Bowers, C., Deaton, J., Oser, R., Prince, C., Kolb, M., 1995. Impact of automation on aircrew communication and decision-making performance. *Int. J. Aviat. Psychol.* 5.
- [77] Bowers, C., Thornton, C., Braun, C., Morgan, B.B., Salas, E., 1998. Automation, task difficulty, and aircrew performance. *Mil. Psychol.* 10. Accessed on 3 November 2023 <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11541776/>
- [78] Wickens, C.D., Xu, X.D., 2004. Imperfect automation for airborne conflict avoidance: implications for trust, situation awareness and display design. *Int. J. Psychol.* 39.
- [79] Parasuraman, R., Sheridan, T.B., Wickens, C.D., 2000. A model for types and levels of human interaction with automation. *IEEE Trans. Syst. Man Cybern.* A 30.
- [80] Jentsch, F., Bowers, C.A., 1996. Automation and crew performance: the importance of who and what. In: *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society 40th Annual Meeting*. Human Factors and Ergonomics Society, Santa Monica, CA.
- [81] Chen, J.L., Stanney, K.M., 1999. A theoretical model of wayfinding in virtual environments: proposed strategies for navigational aiding. *Presence* 8.
- [82] Goulida, K.S., Røed, B.K., Saus, E.-R., Koefoed, V.F., Bridgere, R.S., Moena, B.E., 4 January 2008. Effects of navigation method on workload and performance in simulated high-speed ship navigation. Accessed on 15 November 2023. https://www.academia.edu/31246817/Effects_of_navigation_method_on_workload_and_performance_in_simulated_high_speed_ship_navigation.
- [83] Gucma, L., Gucma, M., Juskiewicz, W., Perkovic, M., Vessel Traffic Management and Information System (VTMIS) - integrated simulator for safety of navigation evaluation. Accessed on 15 November 2023. https://www.researchgate.net/publication/269082267_Vessel_Traffic_Management_and_Information_System_VTMIS-Integrated_Simulator_for_Safety_of_Navigation_Evaluation.
- [84] Goudossis, A., Katsikas, S.K., 2019. Towards a secure automatic identification system (AIS). *J. Mar. Sci. Technol.* 24. Accessed October 10, 2023 <https://ntnuopen.ntnu.no/ntnu-xmloi/bitstream/handle/11250/2627210/Goudossis.pdf?Sequence=4>
- [85] Balduzzi, M., Wilhoit, K., Pasta, A., 2018. A Security Evaluation of AIS. *Trend Micro Res. Paper*. October 30, 2023 https://www.researchgate.net/publication/299466963_A_security_evaluation_of_AIS_automated_identification_system
- [86] Kessler, G.C., 2020. Protected AIS: A Demonstration of Capability Scheme to Provide Authentication and Message Integrity. *Transnav* 14, 279–286. Accessed November 10, 2023 https://www.transnav.eu/Article_Protected_AIS_A_Demonstration_Kessler,54,1002.html
-

-
- [87] Aziz, A., Tedeschi, P., Sciancalepore, S., Di Pietro, R., 2020. Secureais-Securing Pairwise Vessels Communications. In Proceedings of the 2020 IEEE Conference on Communications and Network Security (CNS), Avignon, France, 29 June–1 July 2020. Accessed on 15 November 2023 https://www.researchgate.net/publication/341287012_secureais_-_Securing_Pairwise_Vessels_Communications
- [88] D. Patraiko, The Nautical Institute, London, UK, 2007, The Development of e-Navigation, Accessed November 29, 2023 https://www.transnav.eu/files/The_Development_of_enavigation,36.pdf
- [89] Δ.Κ. Ξενιώτης, Θεσσαλονίκη 2014, Εισαγωγή στα συστήματα επιτήρησης, Εκπαιδευτικό βοήθημα Ελεγκτών Εναέριας Κυκλοφορίας
- [90] Μαρίνα Πάτρας - Καταιγίδα / Στράτος Αυγερινός 2016, Προσωπικό αρχείο.

Παράρτημα I [Επιστημονικές Έννοιες & Ορισμοί]

Raster: στα γραφικά υπολογιστών, μια εικόνα γραφικών raster είναι μια δομή δεδομένων dot matrix που αναπαριστά ένα γενικά ορθογώνιο πλέγμα εικονοστοιχείων ή έγχρωμων κουκκίδων που μπορεί να προβληθεί μέσω ενός μέσου απεικόνισης, όπως η οθόνη ή το χαρτί. Οι εικόνες ράστερ αποθηκεύονται σε αρχεία εικόνas σε διάφορες μορφές. Τα bitmaps είναι ράστερ ενός bit που αντιστοιχούν bit προς bit στην εικόνα που εμφανίζεται στην οθόνη, συνήθως στην ίδια μορφή που χρησιμοποιείται για την αποθήκευση στη μνήμη βίντεο της οθόνης, ή ως bitmaps ανεξάρτητες από τη συσκευή. Τα raster χαρακτηρίζονται από το πλάτος και το ύψος της εικόνας σε εικονοστοιχεία και τον αριθμό των bit ανά εικονοστοιχείο (βάθος χρώματος, το οποίο καθορίζει τον αριθμό των χρωμάτων που μπορούν να αναπαρασταθούν).

Διάνυσμα: ένα γραφικό βασισμένο σε διάνυσμα, το οποίο κινείται μέσω σημείων που ονομάζονται σημεία ελέγχου ή κόμβοι. Κάθε ένα από αυτά τα σημεία έχει μια συγκεκριμένη θέση σε σχέση με τους άξονες x και y του επιπέδου κατασκευής και καθορίζει την κατεύθυνση της διαδρομής. Επιπλέον, σε κάθε μονοπάτι μπορούν να αποδοθούν διάφορες ιδιότητες, όπως ενδεικτικά η τιμή, το σχήμα, η καμπύλη, το πάχος και το χρώμα γεμίσματος.

Ανάκλαση Bragg: Ο William L. Bragg έδειξε ότι όταν οι ακτίνες X διαθλώνται σε έναν κρύσταλλο, η κρυσταλλική δομή μπορεί να απεικονιστεί. Η σκέδαση από ένα δισδιάστατο συνεχές μέσο, όπως ένα επίπεδο ατόμων σε μια κρυσταλλική δομή, ονομάζεται ανάκλαση. Ωστόσο, η περίθλαση και η ανάκλαση χρησιμοποιούνται μερικές φορές δυσδιάκριτα. Έτσι, εάν μια ακτίνα X προσπέσει σε ένα επίπεδο ατόμων υπό γωνία πρόσπτωσης θ , η ακτίνα X διαπερνά τα στρώματα των ατόμων και απεικονίζεται.

Φαινόμενο Doppler: Πήρε το όνομά του από τον Αυστριακό φυσικό Christian Doppler, ο οποίος το πρότεινε το 1842. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται συχνά όταν πλησιάζουμε ή απομακρυνόμαστε από μια πηγή ήχου υψηλής συχνότητας (π.χ. ασθενοφόρο). Για κύματα, όπως τα ηχητικά κύματα που διαδίδονται σε ένα υλικό μέσο, πρέπει να προσδιοριστούν οι ταχύτητες τόσο του παρατηρητή όσο και της πηγής σε σχέση με το μέσο διάδοσης. Το φαινόμενο Doppler προκύπτει από την κίνηση του παρατηρητή, την κίνηση της πηγής και την κίνηση του μέσου διάδοσης. Για τα κύματα που δεν απαιτούν υλικό μέσο για τη διάδοση, όπως τα ηλεκτρομαγνητικά και τα βαρυτικά κύματα στην ειδική σχετικότητα, παίζουν ρόλο μόνο οι σχετικές ταχύτητες του παρατηρητή και της πηγής. Αν και έχουν γενικότερο ενδιαφέρον, εδώ περιοριζόμαστε στα ηχητικά φαινόμενα. [89]